THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA
LOS ANGELES

GIFT

Beigelman

DIE ANOMALIEN

DER

REFRACTION UND ACCOMMODATION

DES

AUGES.

VON

F. C. DONDERS.

DEUTSCHE ORIGINALAUSGABE

UNTER MITWIRKUNG DES VERFASSERS HERAUSGEGEBEN

VON

DR. OTTO BECKER.

MIT 193 HOLZSCHNITTEN UND EINER LITHOGRAPHIRTEN TAFEL.

WIEN, 1866.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.

Bernard
AC
8
B38
D716an
1866
Rare

VORWORT.

Seit einer Reihe von Jahren habe ich mit jungen Freunden und Schülern die Refractions- und Accommodationsanomalien des Auges zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht und alle darauf bezüglichen Verhältnisse an Tausenden von Augen bestimmt und geprüft.

Die erhaltenen Resultate wurden vorläufig in verschiedenen Journalartikeln und in kleineren Monographien veröffentlicht.

Obgleich die Untersuchungen keineswegs zum Abschluss gebracht waren, schienen unsere Kenntnisse doch jene Reife erlangt zu haben, dass sich ein System der Refractions- und Accommodationsanomalien bearbeiten liesse. Als ich nun von der „Sydenham Society" den Antrag bekam meine Monographie über Ametropie zu vervollständigen, glaubte ich einen, wie ich hoffe nicht voreiligen, Versuch dazu wagen zu können. Der Antrag war mir besonders desshalb erwünscht, weil ich bei einer Ausgabe in englischer Sprache, anderswo, in Holland und Deutschland, publicirte Sachen ohne Bedenken reproduciren konnte.

Indessen wurden mir nach dem Erscheinen des englischen Werkes mehrere Vorschläge zu einer Ausgabe in deutscher Sprache gemacht. Ich erwiderte darauf mit der Bemerkung, dass vieles in demselben Enthaltene dem deutschen Publikum schon bekannt, einiges sogar in derselben Form in Deutschland schon veröffentlicht sei. Diese meine Bedenken habe ich aber auf den Wunsch mehrerer Fachgenossen aufzugeben mich veranlasst gefunden, wozu das Aner-

bieten des Herrn Dr. O. Becker, sich der Herausgabe zu unterziehen, nicht wenig beigetragen hat.

Das Werk erscheint übrigens nicht in ganz unveränderter Form. Ich habe Einiges verbessert, Anderes gestrichen und würde Manches hinzugefügt haben, wenn mich Dr. Becker durch seine Zusätze dieser Mühe nicht grösstentheils überhoben hätte. In den mir übersendeten Correcturbogen fand ich die neuesten Errungenschaften schon klar und gewissenhaft von ihm dargestellt und am richtigen Orte einverleibt. Ich rechne hierzu seine eigenen Untersuchungen „Über die Lage und Function der Ciliarfortsätze im lebenden Menschenauge", einen wichtigen Fall von Netzhautablösung, Beiträge von Knapp, Javal und v. Graefe, Geschichtliches, die Hypermetropie und den Astigmatismus betreffend, Schuermann „Ueber die Excursionen der Augenbewegungen", und vieles Andere. Es sei mir erlaubt, ihm dafür, sowie für die Sorge und den Zeitaufwand, welche er der Herausgabe des Werkes widmete, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Ueber den Inhalt des Buches habe ich weiter nicht viel zu sagen. Eins habe ich beständig im Auge behalten, — das Buch ungeachtet seines Umfanges praktisch und in allen seinen Theilen leicht verständlich zu machen. Zu dem Zwecke ist zunächst jeder Gegenstand im Texte ausführlich behandelt, so dass nur diejenigen, welche tiefer in den Gegenstand eindringen wollen, ihre Aufmerksamkeit den Details der Untersuchung, der mathematischen Behandlung und den geschichtlichen Daten, welches Alles in kleinerem Druck dem Texte beigefügt ist, zuzuwenden brauchen. Ferner ist, um die Benützung der einzelnen Theile zu erleichtern, jedes Kapitel so in sich abgeschlossen, dass die Kenntniss des Vorhergehenden vom Leser nicht vorausgesetzt wird. Das Werk bildet daher gewissermaassen eine Reihe kleinerer Monographien, die ihrer innern Zusammengehörigkeit wegen in einem Bande vereinigt sind.

Für den Augenarzt ist es vielleicht ein Vortheil, dass ich nicht Mathematiker bin. Ich gestehe offen, dass ich den Untersuchungen von Gauss und Bessel nicht zu folgen vermag, und dass mir selbst das Studium des dioptrischen Theils der physiologischen Optik von Helmholtz einige Anstrengung kostete. Ich habe mir desshalb einen eigenen Weg gesucht und denselben, wie ich glaube, gefunden. Die hier entwickelte Theorie der Cardinalpunkte zusammengesetzter dioptrischer Systeme ist leicht verständlich und elementar, da sie sich fast ausschliesslich auf die Lehre von den ähnlichen Dreiecken stützt. Wenn der Weg dadurch etwas weiter geworden ist, so bietet er

dafür den Vortheil, dass er für Alle gangbar ist. Um mich davor zu sichern, dass er irgendwo zu einer irrthümlichen Auffassung führen könnte, habe ich meinen Freund Hoek, unsern Professor der Astronomie, gebeten, die mathematische Entwicklung durchzusehen, und seiner Gefälligkeit verdanke ich viele Verbesserungen in der Form der Beweise.

In der Lehre von den Anomalien der Refraction und Accommodation ist der Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Praxis enger, als in irgend einem andern Theile der Medicin.

Die Wissenschaft feiert hier ihren Triumph, denn an ihrer Hand hat dieser Zweig der praktischen Medicin jenen exacten Charakter angenommen, welcher ihn auch der Aufmerksamkeit der Physiker und Physiologen werth macht. In der That gewährt es eine nicht geringe Befriedigung zu sehen, wie durch die scharfe Unterscheidung zwischen den Anomalien der Refraction und denen der Accommodation, mit Ausschluss jedes andern diesen Anomalien fremden Zustandes, das System wie von selbst eine elegante Einfachheit angenommen, und wie sich dadurch über den Ursprung und die Genesis vieler bisher dunkler Krankheitsformen helles Licht verbreitet hat.

Die Praxis hat hier im Verein mit der Wissenschaft die seltne, aber glänzende Genugthuung erlebt, nicht nur untrügliche, auf feste Regeln gegründete Vorschriften geben zu können, sondern auch von einer klaren Einsicht in die Gründe ihres Handelns geleitet zu werden, — Vortheile, die um so höher zu schätzen sind, als die in Frage stehenden Anomalien häufig vorkommen und den Gebrauch und die Functionen der Augen so nahe berühren.

Utrecht, 12. Juni 1866.

F. C. Donders.

INHALT.

Allgemeiner Theil.

Seite

Einleitung.

§ 1. Ueber die Bedingungen des deutlichen Sehens. — Function der Netzhaut 1

Anmerkung zu § 1 2

Erstes Kapitel.

§ 2. Beweise für das Vorhandensein der Accommodation im Auge 7

§ 3. Veränderung des dioptrischen Systemes im Auge während der Accommodation 10

Anmerkung zu § 3 15

§ 4. Ueber den Mechanismus der Accommodation 18

Anmerkung zu § 4 24

Zusatz des Herausgebers 25

§ 5. Accommodationsbreite 25

Anmerkung zum ersten Kapitel.

Erster Theil. — Dioptrik des Auges 33

Zweiter Theil. — Accommodationsbreite 62

Zweites Kapitel.

Ueber die Fehler der Refraction und Accommodation im Allgemeinen.

§ 6. Unterschied zwischen den Fehlern der Refraction und Accommodation 69

§ 7. Ursachen der Refractionsanomalien im Allgemeinen 74

§ 8. Bildliche Darstellung der Accommodationsbreite und der Refractions- und Accommodationsanomalien 78

§ 9. Klinische Bestimmung der Ametropie im Allgemeinen 83

Drittes Kapitel.

Weitere Entwicklung der verschiedenen Bedeutungen der Accommodationsbreite.

§ 10. Zusammenhang zwischen Accommodation und Convergenz der Sehlinien. Bedeutung von $1 : A$, $1 : A_1$ und $1 : A_2$. . . . . .

§ 11. Veränderung der relativen Accommodationsbreite bei den verschiedenen Refractionszuständen des Auges 100

Viertes Kapitel.

Ueber Brillen und ihre Wirkung im Allgemeinen.

Seite

§ 12. Verschiedene Arten von Brillen 108
Anmerkung 118
§ 13. Directer Einfluss sphärischer Gläser auf das Sehen 121
Anmerkung zu § 13 142
Anmerkung zum vierten Kapitel 142

Specieller Theil.

I. Refractions-Anomalien.

Fünftes Kapitel.

Das emmetropische Auge.

§ 14. Definition des emmetropischen Auges; das schematische Auge; das reducirte Auge 147
Anmerkung zu § 14 151
§ 15. Bewegungscentrum und Bewegungen. Winkel zwischen der Hornhautachse und der Gesichtslinie 152
Anmerkung zu § 15 156
§ 16. Einfluss des Alters auf die Sehschärfe 159
Anmerkung zu § 16 164
§ 17. Einfluss des Alters auf die Accommodationsbreite. — Presbyopie. — Erworbene Hypermetropie 173
Anmerkung zu § 17 181
§ 18. Behandlung der Presbyopie 181

Sechstes Kapitel.

Hypermetropie. II.

§ 19. Dioptrische Definition der verschiedenen Grade und Formen von Hypermetropie 198
§ 20. Form, Lage und Bewegungen des hypermetropischen Auges. — Scheinbarer Strabismus 205
Anmerkung 210
§ 21. Symptome. — Diagnosen. — Das Sehen der Hypermetropen 211
§ 22. Asthenopie 217
Anmerkung 226
§ 23. Behandlung der Hypermetropie, mit besonderer Bezugnahme auf Asthenopie 230
§ 24. Strabismus convergens, als Folge von Hypermetropie 243
Anmerkung 255
§ 25. Aphakie 258
Anmerkung zum sechsten Kapitel. Geschichtliche Bemerkungen . . . 270

Siebentes Kapitel.

Myopie. M.

Seite

§ 26. Dioptrische Definition, Diagnose, Grade, Vorkommen, Erblichkeit, Entwicklung im zunehmenden Alter 279
Anmerkung 294
§ 27. Ergebnisse der ophthalmoskopischen Untersuchung des myopischen Auges 296
Anmerkung 307
§ 28. Anatomie des myopischen Auges 308
§ 29. Das Sehen der Myopen 325
§ 30. Beschwerden und Störungen bei Myopie 329
§ 31. Insufficienz der Mm. recti interni und Strabismus divergens, als Resultate von Myopie 338
Anmerkung 348
§ 32. Verhalten. — Behandlung. — Brillen. — Erläuternde Fälle 350
Anmerkung zum siebenten Kapitel. Geschichtliche Bemerkungen . . . 374

Achtes Kapitel.

Astigmatismus *As.*

§ 33. Definition des Astigmatismus. — Regelmässiger und unregelmässiger Astigmatismus 379
§ 34. Regelmässiger Astigmatismus im normalen Auge 381
Anmerkung 385
§ 35. Symptome und Sehstörungen bei hohen Graden von Astigmatismus . 396
Anmerkung 400
§ 36. Diagnose des abnormen Astigmatismus und Bestimmung seines Grades 403
§ 37. Ursache und Sitz des abnormen Astigmatismus 413
Anmerkung 419
§ 38. Cylindrische Linsen und allgemeine Regeln über ihre Anwendung . . 424
Anmerkung 430
§ 39. Nosologie und Casuistik des Astigmatismus 432
Anmerkung. Geschichte unserer Kenntniss des Astigmatismus 453
§ 40. Unregelmässiger Astigmatismus 457

Neuntes Kapitel.

Verschiedenheit der Refraction in beiden Augen.

§ 41. Vorkommen, Symptome, Folgen 469
§ 42. Behandlung und optische Hülfsmittel bei Refractionsverschiedenheit beider Augen 474

II. Anomalien der Accommodation.

Einleitung.

Zehntes Kapitel.

Einfluss der Nerven auf die Accommodation und auf die Bewegungen der Iris.

§ 43. Die Bewegungen der Iris 482
§ 44. Das Ciliarsystem und seine Function 485
Anmerkung 490

Elftes Kapitel.

Paralyse und Parese der Accommodation.

Seite

§ 45. Die Mydriatica und ihre Wirkung 493
Anmerkung 499
§ 46. Krankhafte Accommodationslähmung 499
Anmerkung 505
§ 47. Accommodationsparese nach Diphtheritis faucium und Accommodationsschwäche 506

Zwölftes Kapitel.

Accommodationskrampf.

§ 48. Myotica und Myosis 515
Anmerkung 525
§ 49. Accommodationskrampf. — Myosis. — Schmerzhafte Accommodation . 526
Anmerkung 530
Autorenregister 532
Sachregister 539

ABKÜRZUNGEN.

r, Radius.
r^0, Hornhautradius in der Gesichtslinie.
n, Brechungsverhältniss.
k, Knotenpunkt.
h, Hauptpunkt.
k' und k'', vorderer und hinterer Knotenpunkt desselben Systems.
h' und h'', „ „ „ Hauptpunkt „ „
z' und z'', „ „ „ Brennpunkt „ „
k_1 und k_2, zwei Knotenpunkte verschiedener Systeme.
h_1 und h_2, „ Hauptpunkte „ „
z_1 und z_2, „ Brennpunkte „ „
o, optischer Mittelpunkt.
F' und F'', vordere und hintere Hauptbrennweite.
G' und G'', die Hauptbrennweiten, von k' und k'' an gerechnet.
F, Hauptbrennweite, wenn $F' = F''$ ist.
G, „ von k an gerechnet, wenn $G' = G''$ ist.
f' und f'', conjugirte Brennweiten, von h' und h'' an gerechnet.
g' und g'', „ „ „ k' und k'' „ „
B, ein Gegenstand; β, sein Bild.
i, ein Punkt in der Achse; j, sein Bild.
i', ein Punkt ausserhalb der Achse; j', sein Bild.
p (proximum), der absolute Nahpunkt.
p_1, „ der relative „
p_2, „ der binoculäre „
P, P_1, P_2, Entfernungen der Punkte p, p_1 und p_2 von k'.
R, R_1, R_2, „ „ „ r, r_1 und r_2 „ „
$1 : A$, absolute Accommodationsbreite.
$1 : A_1$, relative „
$1 : A_2$, binoculäre „
α, Winkel zwischen der Hornhautachse und der Gesichtslinie.
S, Sehschärfe.
E, Emmetropie.
H, Hypermetropie.
Hm, manifeste, Hl, latente, Ht, totale Hypermetropie.
M, Myopie,
Pr, Presbyopie.
As, Astigmatismus
Ah, hypermetropischer, Am, myopischer, Amh und Ahm, gemischter Astigmatismus.
In H, im horizontalen Hauptmeridian.
In V, im verticalen „

SINNSTÖRENDE DRUCKFEHLER.

S. 13 Z. 30 lese „beobachteten“ statt „beobachtenden“.
„ 23 „ 18 „ „Iridodonesis“ „ „Iridodenosis“.
„ 24 „ 1 „ „Verkürzung“ „ „Verlängerung“.
„ 39 „ 6 „ „$f''(f'-F')$“ „ „$f''(f''-F')$“.
„ 39 „ 7 muss heissen:

$$f' = \frac{f'' F''}{f'' - F''} \quad \ldots 3c \qquad f'' = \frac{f' F''}{f' - F'} \quad \ldots 3d.$$

„ 90 „ 33 lese „Concavgläser“ statt „Convexgläser“.
„ 113 „ 12 „ „auswärts“ „ „aufwärts“.
„ 118 „ 24 „ „nicht störend“ „ „störend“.
„ 120 „ 43 und 45 müssen heissen:

$$f' = \frac{B}{\beta} f''$$

$$F'' = \frac{f' f''}{f' - f''}.$$

„ 122 „ 12 muss heissen:

$$\frac{1}{R - x} + \frac{1}{F} = \frac{1}{R^0 - x}.$$

„ 359 „ 19 lese „vergrössern“ statt „verkleinern“.
„ 369 „ 14 „ „weiter von“ „ „näher an“.
„ 426 „ 33 „ „plan-convexe“ „ „plan-concave“.
„ 428 „ 2 „ „$^1/_8$“ „ „$^1/_{18}$“.
„ 429 „ 21 „ „H“ „ „M“.
„ 441 „ 2 „ „$-^1/_{16}c$“ „ „$-^1/_{16}$“.

EINLEITUNG.

§ 1. Ueber die Bedingungen des deutlichen Sehens. Function der Netzhaut.

Um einen Gegenstand scharf und deutlich zu sehen, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein. Erstens muss ein umgekehrtes und scharf begrenztes Bild des Gegenstandes auf der Oberfläche der Stäbchen- und Zapfenschichte der Netzhaut [1]) entworfen werden; zweitens muss der hier verursachte örtliche Reiz auf die Fasern des Sehnerven übertragen, dem Gehirne mitgetheilt und wieder in umgekehrter Richtung nach aussen projicirt werden.

Wegen dieser doppelten Umkehrung stimmt das projicirte Bild mit dem Gegenstande überein und wir sagen desshalb: wir sehen den Gegenstand, obgleich eigentlich nur das projicirte Netzhautbild vor unsern Augen steht.

Jede Sehstörung hängt von der Nichterfüllung einer dieser beiden Bedingungen oder beider zusammen ab. Ist die Projection nach aussen durch krankhafte Veränderungen in der Netzhaut, im Sehnerven oder im Gehirne gestört, so gehört diese Störung in's Gebiet der Amblyopie oder Amaurose. Kommt gar kein Bild zu Stande, oder wird das Bild durch Diffusion des Lichtes im Auge undeutlich, so sind Trübungen auf dem Wege, den die Lichtstrahlen im Auge nehmen, die Ursache der Störung. Wird endlich das Bild von Gegenständen, welche in den gewöhnlichen Entfernungen des deutlichen Sehens sich befinden, nicht auf der Stäbchen- und Zapfenschichte entworfen, oder kommt wegen Abweichungen in der Krümmung der brechenden Flächen überhaupt kein scharf begrenztes Bild zu Stande, so liegen Anomalien der Refraction oder der Accommodation zu Grunde.

Sämmtliche Sehstörungen eines Auges für sich lassen sich mithin in drei Hauptklassen eintheilen: Amblyopien, Trübungen der brechenden Medien und Anomalien der Refraction und Accommodation. Sobald das Sehvermögen eines Auges beeinträchtigt ist, muss nothwendiger Weise eine dieser drei Arten von Sehstörung vorhanden sein.

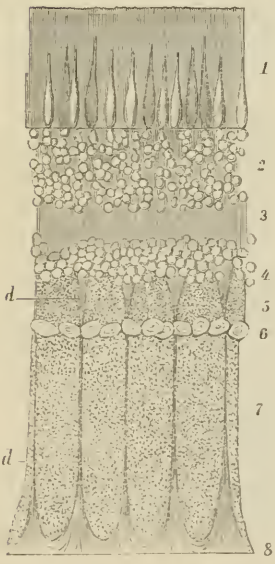
[1]) Siehe Anmerkung zu § 1.

Ein Blick mit dem Augenspiegel in ein solches Auge wird entscheiden, ob Trübung der brechenden Medien vorhanden ist oder nicht. Finden wir nichts, so dürfen wir entweder Amblyopie oder Anomalien der Refraction und Accommodation als vorhanden annehmen. Lässt sich dann in gar keiner Entfernung, selbst mit Hilfe von Convexgläsern, ein vollkommen gutes Sehen hervorbringen, so haben wir einen Fall von Amblyopie vor uns, während wir auf der anderen Seite, wenn das Sehen in irgend einer Entfernung vollkommen scharf ist, oder wenigstens sich mit Hülfe eines Convexglases ein vollkommen scharfes Sehen erreichen lässt, es mit einer Anomalie der Refraction oder der Accommodation zu thun haben, und Trübung der Medien und Amblyopie ausgeschlossen sind.

Der Unterschied zwischen den Störungen der Refraction und der Accommodation lässt sich aus den Worten selbst herleiten. Die Störungen der Refraction sind in dem Bau des im Zustande der Ruhe befindlichen Auges zu suchen, ohne dass die Accommodationsthätigkeit in Frage kommt; die Störungen der Accommodation andererseits haben ihren Grund in abnormer Thätigkeit der inneren Augenmuskeln. Diess werde ich im zweiten Capitel ausführlich auseinandersetzen.

Anmerkung zu § 1.

Fig. 1 *A*.



Am peripheren Ende der Sinnesnerven, insbesondere des Seh- und Gehörnerven hat uns die Anatomie Vorrichtungen kennen gelehrt, welche für die Aufnahme des specifischen Reizes von grosser Wichtigkeit sind. Die Anatomie hat nämlich nachgewiesen, dass die Netzhaut nicht eine einfache Ausbreitung des Sehnerven ist, sondern dass hinter den Fasern desselben verschiedene Schichten liegen, deren Bedeutung zu erforschen Aufgabe der Physiologie ist.

Um diese Schichten zu sehen und zu unterscheiden, braucht man nur dünne Schnitte durch die noch zusammenhängenden Häute eines frischen, aber leicht getrockneten Auges in einer wässerigen Flüssigkeit zu maceriren. Um sie genauer zu studiren, bedient man sich mit Vortheil der von H. Müller und neuerdings von Max Schultze, Ritter und Henle vorgeschlagenen Methoden.

Obgleich es den Anschein hat, als wenn die Anschauungen H. Müllers durch die neueren Arbeiten nicht unbedeutend modificirt werden dürften, halten wir uns doch im Folgenden im Wesentlichen an die Darstellung, welche von H. Müller (Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Retina u. s. w. Leipzig. Engelmann 1856) gegeben worden ist. Von aussen nach innen gerechnet unterscheidet er (Fig. 1 *A*, nach der von Müller und Kölliker in Ecker's *Icones* gegebenen Abbildungen) folgende Schichten:

1. Die Stäbchen und Zapfenschichte. 2. Die äussere Körnerschichte. 3. Die Zwischenkörnerschichte. 4. Die innere Körnerschichte. 5. Die feinkörnige graue

Lage. 6. Die Nervenzellenschichte. 7. Die Sehnervenfaserschichte, an deren inneren Oberfläche die Netzhaut durch die 8. *Membrana limitans interna* gegen den Glaskörper hin abgeschlossen wird.

Diese Schichten sind nahe am Sehnerven, woher auch die Figur genommen ist, am dicksten und werden sämmtlich nach der *Ora serrata* hin dünner, besonders 7., welche daselbst ganz aufhört.

Im gelben Flecke hat der Bau der Netzhaut besondere Eigenthümlichkeiten anderer Art. Die Nervenzellen 6 (Fig. 1 *B*, gleichfalls den *Icones* von Ecker entnommen) bilden daselbst eine sehr dicke Lage, welche nicht mehr von einer Schichte Opticusfasern bedeckt, sondern nur von einer geringen Anzahl dieser Fasern durchwebt ist. Die Schichten 5, 4, 3, 2 sind dagegen an dieser Stelle besonders dünn, und die Schichte 1 enthält keine Stäbchen, sondern besteht ausschliesslich aus Zapfen (die Figur ist vom Rande des gelben Fleckes genommen, und zeigt daher noch einige Stäbchen). Je weiter wir uns vom gelben Flecke entfernen, von desto zahlreicheren Stäbchen sind die einzelnen Zapfen umgeben. Der wichtigste Theil der Netzhaut ist das Centrum des gelben Fleckes, die *Fovea centralis*. In ihr werden die Zapfen ausserdem noch feiner, als in der übrigen Netzhaut, und sind hier von kaum wahrnehmbaren Spuren der anderen Schichten bedeckt.

Fig. 1 *B*

Ausser den Gefässen enthalten diese Netzhautschichten nervöse und bindegewebige Elemente, doch ist die Anatomie noch nicht dahin gelangt, dieselben überall mit Sicherheit unterscheiden zu können. In der neuesten Zeit ist durch die Untersuchungen von M. Schultze (*Observationes de retinae structura penitiori, Bonnae 1859*) und Carl Ritter (Die Structur der Retina, Leipzig 1864) nur so viel festgestellt, dass mit Ausnahme der *Membrana Jacobi* die nervösen Elemente der verschiedenen Schichten durch ein eigenthümliches Stütz- oder Bindegewebe verbunden und eingehüllt sind, in welchem sich nach Einwirkung verschiedener Reagentien Bündel von radiären Fasern (Fig. 1 *A*, *d*) unterscheiden lassen, welche man mit Sicherheit von der *Membrana limitans interna* (Fig. 1 *A* u. *B* 8) bis zur Grenze zwischen der äusseren Körnerschichte und der *Membrana Jacobi*, der sogenannten *Membrana limitans externa*, verfolgen kann. Diese von H. Müller entdeckten und nach ihm benannten radiären Fasern pflanzen sich in die *Membrana limitans interna*, bogenförmig auseinanderfahrend, ein, während sie nach aussen auf unbekannte Weise endigen. Sie sind bindegewebiger Natur und wohl zu unterscheiden von anderen radiär verlaufenden Fasern, welche die nervösen Elemente der verschiedenen Schichten untereinander in Verbindung setzen. Ueber die Form und Zusammensetzung des übrigen Bindegewebes haben die verschiedenen Autoren eine Einigung ihrer Ansichten noch nicht erzielt. Wir übergehen dieselben daher hier. Mit Rücksicht auf die nervösen Elemente erleichtert es die physiologische Betrachtung, wenn man die oben aufgezählten Schichten auf drei reducirt:

1. die zum Sehnerven gehörige Faserschichte;
2. die Stäbchen- und Zapfenschichte oder die empfindende Schichte;
3. die Zwischenschichten, welche den Zusammenhang zwischen den beiden ersten herstellen.

1. Die Faserschichte (7): — Sie bildet die unmittelbare Fortsetzung des Sehnerven, dessen Fasern, noch ehe sie in das Auge eintreten, die Markscheide verlieren und in ihrer häutigen Ausbreitung als innerste Netzhautschichte ganz unverändert bleiben. Die Fasern des Sehnerven selbst sind gegen den Reiz der Lichtschwingungen unempfindlich. Der Eintritt ins Auge kann als blinder Fleck von Mariotte demonstrirt werden. Wenn man nämlich das kleine Bild einer entfernten Flamme auf der Papillé der Sehnerven sich hin und her bewegen lässt, so wird es,

wie man an sich selbst und an Andern durch den Augenspiegel constatiren kann, nicht empfunden. Erst wenn das kleine Bild die Grenze der Papille, wo die anderen Netzhautschichten auch schon vorhanden sind, überschreitet, nimmt man statt des schwachen, durch das ganze Auge verbreiteten Lichtschimmers ein scharf umschriebenes Bild wahr.

Da die Fasern in der Netzhaut denen in der Papille vollkommen gleichen, so lässt sich in dieser Ausbreitung des Sehnerven keine grössere Empfindlichkeit für Lichtschwingungen erwarten, als im Nerven selber. Und bedenken wir, dass überall einige Lagen dieser transparenten Fasern über einander geschichtet sind, und dass ein und dieselbe Faser von der *Ora serrata* bis zur *Papilla nervi optici* verläuft, so leuchtet ein, dass Strahlen, welche von demselben Puncte eines Gegenstandes ausgehen, die Fasern verschiedener Lagen durchdringen und nothwendiger Weise reizen, und dass ein und dieselbe Faser in ihrem Verlaufe von Strahlen getroffen wird, welche von verschiedenen Puncten des Gegenstandes ausgegangen sind; deshalb würde, wenn die Fasern selbst gegen Lichtschwingungen empfindlich wären, die localisirte Projection der Netzhaut, das heisst das Sehen, wie es thatsächlich stattfindet, unmöglich werden. [1])

2. Die Stäbchen- und Zapfenschichte, welche wenigstens ziemlich allgemein als die empfindende Schichte angesehen wird. — Man nimmt an, dass die Stäbchen und Zapfen, wenn sie von Lichtschwingungen durchlaufen werden, eine moleculare Veränderung erleiden, und dass diese wie immer geartete Veränderung eine secundäre Veränderung in den Opticusfasern, welche unfähig sind, den Reiz des Lichtes selbst direct zu empfinden, hervorrufen.

3. Die Zwischenschichten 2, 3, 4, 5 und 6 bestehen aus Fasern, kernartigen Körpern und Ganglienzellen, deren Zusammenhang untereinander noch nicht vollständig sichergestellt ist. — Doch erscheint es in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Stäbchen und Zapfen mit den Körnern zusammenhängen, als dünne Nervenfäden sich in die Zwischenkörner- und die fein granulirte Schichte fortsetzen, mit den Nervenzellen, die auch unter einander in Zusammenhang stehen, in Verbindung treten und schliesslich mit den eigentlichen Nervenfasern sich vereinigen. Die Bedeutung dieser einzelnen Schichten ist aber noch dunkel.

Die Gründe, wesshalb die Stäbchenschichte als die unmittelbar empfindende Schichte angesehen wird, sind sub 2 absichtlich mit Stillschweigen übergangen worden, um sie hier einer eingehenderen Prüfung zu unterziehen. Zunächst empfindet die Faserschichte, wie wir nachgewiesen, nicht. Es muss also eine von den anderen Schichten die direct empfindende Netzhautschichte sein. Nun liegen die Nervenzellen im gelben Flecke, wo die Lichtempfindung genauer ist, in zahllosen Lagen übereinander und scheinen desshalb für den in Rede stehenden Zweck nicht geeignet. Dasselbe ist mit den beiden Körnerschichten in der ganzen Ausdehnung der Netzhaut der Fall. So kommen wir schon *per exclusionem* zu der Stäbchen- und Zapfenschichte. Diese Ansicht wird aber noch durch folgende positive Gründe unterstützt:

1. Genau in der *Fovea centralis*, wo scharfes, scharf begrenztes, directes Sehen Statt findet, ist die Zapfenschichte am vollkommensten und besteht aus feineren Zapfen, welche eine schärfere Unterscheidung voraussetzen lassen. Dagegen fehlen hier fast alle anderen Elemente. Sie sind im gelben Flecke bei Seite geschoben, und empfangen desshalb das Licht, welches die Bilder in der *Fovea centralis* entwirft, nicht selbst, sondern vermitteln nur den Uebergang der molecnlären Veränderung auf die Nervenfaser. Die Zapfen liegen hier also fast nackt und sind dem Lichte unmittelbar zugänglich. Sogar die der *Fovea centralis* zunächst liegenden Theile der Netzhaut, welche durch die Anhäufung der Elemente, insbesondere der Nervenzellen, in einer verhältnissmässig ungünstigen Situation sich befinden, empfinden schon viel weniger scharf und genau als die *Fovea centralis* selbst. Dass das directe Sehen aber wirklich in der letzteren stattfindet, davon habe ich mich selbst vermittelst des Augenspiegels überzeugt.

---

[1]) Bowman, Lectures on the parts concerned in the operations on the Eye. — London 1849. p. 82.

2. Purkinje's Versuch beweist, dass die empfindende Schichte beträchtlich weit hinter der Faserschichte liegt. Dieser Versuch besteht darin, dass man sich die eigenen Netzhautgefässe sichtbar macht; doch sieht man, richtig ausgedrückt, dabei nur die Schatten der Gefässe, nicht diese selbst. Man macht den so charakteristischen Gefässbaum sichtbar, indem man eine Kerze zur Seite des Auges, das geöffnet und gegen ein gleichmässig dunkles Zimmer gerichtet ist, hin und her bewegt; noch leichter, wenn man die Cornea möglichst weit nach der Nasenseite hindreht und das durch eine Convexlinse von 1″ oder 2″ Brennweite entworfene dioptrische Bild einer Flamme auf der blossgelegten Sclerotica hin und her oder auf und nieder bewegt. In beiden Fällen wird ein Lichtbild auf einem umschriebenen Theile der Augenhäute entworfen, welches durch das ganze Auge Licht ausstrahlt, nothwendiger Weise aber auf die tieferen Schichten Schatten der grösseren Gefässe der Faserschichte werfen muss. Die Schatten verändern nun mit den Bewegungen des Lichtbildes ihren Platz, und der Schatten werfende Gegenstand (in diesem Falle die Blutgefässe) kann desshalb nicht selbst in der Schichte sich befinden, welche die Schatten wahrnimmt. Aus der Grösse der parallaktischen Verschiebung hat H. Müller berechnet, dass der auffangende Vorhang wirklich ungefähr dort liegt, wo sich die Oberfläche der Stäbchen- und Zapfenschichte befindet. (Verh. d. phys. med. Gesellsch. z. Würzburg V. p. 411.)

3. Im Auge der Cephalopoden ist die Stäbchen- und Zapfenschichte nach vorne gekehrt und fängt das einfallende Licht unmittelbar auf, während die weiter rückwärts gelegenen anderen Schichten dem Zutritte des Lichtes durch eine undurchsichtige Pigmentschichte entzogen sind.

4. Die Stäbchen und Zapfen werden in ihrer ganzen Länge von denselben Lichtwellen getroffen, und sind desshalb in der Lage, von ihnen stark afficirt zu werden. Diess wurde zuerst von Brücke ausgesprochen. Seine Auffassung der Stäbchenschichte als eines katoptrischen Apparates ist insofern ganz richtig, als die Lichtstrahlen, welche einmal in ein Stäbchen oder einen Zapfen eingetreten sind, dieselben nicht wieder verlassen können. Zunächst fallen die meisten Strahlen, welche direct von aussen kommen, in der Richtung dieser radiär gestellten Elemente ein und berühren desshalb deren Seitenflächen gar nicht. Wenn sie aber mit denselben in Berührung kämen, so musste wegen des stumpfen Einfallswinkels und des so viel geringeren Lichtbrechungsvermögens der Zwischensubstanz totale Reflexion eintreten. Im Verhältnisse zu der Lichtmenge, welche an die einzelnen Zapfen gebunden bleibt, ist die Quantität diffusen Lichtes, welches von der Chorioidea und Sclerotica hinter den Zapfen reflectirt und durch verschiedene Zapfen nach allen Richtungen hin zerstreut wird, sehr klein und tritt der Genauigkeit der Wahrnehmung nicht hinderlich in den Weg. In Verbindung mit dem isolirten Zustande der Strahlenbündel, die auf jedes Stäbchen oder jeden Zapfen fallen, wird die möglichst vollkommene Accommodation erreicht, wenn das scharf begrenzte Bild genau auf der Oberfläche der Stäbchen- und Zapfenschichte, folglich in der *Fovea centralis* genau auf ihrer Oberfläche entworfen wird. Fiele es erst in die Mitte der Zapfen, so würde an der Oberfläche eine Zerstreuung des von einem Puncte ausgehenden und sich über mehr als einen Zapfen vertheilenden Lichtes stattfinden; die Accommodation würde dann nicht vollkommen sein. Desshalb kann auch die sogenannte Accommodationslinie, von der wir in der Folge noch sprechen werden, nicht von der Länge der Stäbchen, wie behauptet wurde, abhängen. Dass aber die Stäbchen in ihrer ganzen Längenrichtung von den Lichtwellen durchlaufen werden, muss in derselben Weise, wie ein Nerv durch einen galvanischen Strom kräftiger gereizt wird, wenn dieser durch einen Theil des Nerven in der Richtung seiner Länge hindurch geht, als wenn er ihn nur quer durchsetzt, eine sehr kräftige Wirkung hervorbringen.

5. Verschiedene Erscheinungen hinsichtlich der Grenzen des kleinsten Gesichtswinkels und der Formveränderungen feiner Linien, die davon herrührt, stimmen allein mit der Ansicht, dass Stäbchen- und Zapfenschichte der Angriffsort des Lichtes ist.

Man hat die Frage aufgeworfen, ob vielleicht bloss die Zapfen und nicht auch die Stäbchen Eindrücke vom Lichte erhalten. Diese Vermuthung verdankt ihre Entstehung dem anatomischen Factum, dass im gelben Flecke, wo die Wahrnehmung am schärfsten ist, ausschliesslich Zapfen vorkommen, die sich unmittelbar

berühren, und dass zwischen den Zapfen eine immer grössere Anzahl Stäbchen auftreten, je weiter sie vom gelben Flecke entfernt sind. Dieser letzte Umstand scheint in der That anzuzeigen, dass die Schärfe der Wahrnehmung mit der Anzahl der Zapfen in Zusammenhang steht. Jene Ansicht wird ferner durch die grössere Anzahl von Nervenzellen, die hier vorkommen, und die zahllosen Nervenfasern, die nach dem gelben Flecke hinlaufen und daselbst ihr peripheres Ende erreichen, unterstützt. Doch sind wir dadurch nicht berechtigt, den Stäbchen die Fähigkeit der Lichtperception abzusprechen. Thatsache ist es, dass nicht jedes Stäbchen seine Nervenfaser haben kann. Wäre das der Fall, so müsste unter der Voraussetzung, dass die Querschnitte eines Stäbchens und einer Nervenfaser gleich gross sind, der Querschnitt des Sehnerven der ganzen Oberfläche der Retina gleichkommen. Es scheint sogar, dass nicht einmal jeder Zapfen seine eigene Nervenfaser habe. Dieser Umstand beweist andererseits wieder durchaus nicht, dass nicht jedes Stäbchen seine Erregung einer Nervenfaser mittheilen kann, welche dann zugleich den Reiz einiger benachbarter Stäbchen empfangen würde. Somit findet man einen sehr einleuchtenden Grund, warum die Schärfe der Wahrnehmung in der Netzhaut vom gelben Flecke bis zur *Ora serrata* stetig abnimmt.

In neuester Zeit haben die anatomischen Untersuchungen von W. Krause [1]) und Braun [2]) eine Reihe von morphologischen Eigenthümlichkeiten in den Stäbchen an's Licht gebracht, welche ihre Analogie mit den Zapfen noch klarer hervortreten lässt, so dass, nachdem auch Babuchin [3]) vom Standpuncte der Entwicklungsgeschichte aus für die Identität der Stäbchen und Zapfen sich ausspricht, kaum mehr daran gezweifelt werden kann, dass ihnen analoge, wenn nicht geradezu gleiche Functionen zukommen.

---

[1]) Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. Wien, 1860. Bd. XLII., p. 15.

[2]) Nachrichten von der G. A. Universität und der kön. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen 1861.

[3]) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges. Würzburg, 1864.

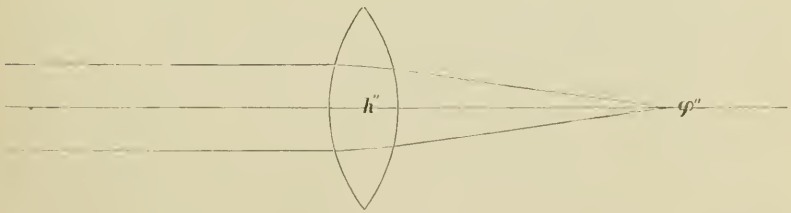
ERSTES KAPITEL.

§ 2. Beweise für das Vorhandensein der Accommodation im Auge.

Die Medien des Auges bilden ein zusammengesetztes dioptrisches System, in welchem wir den Gang der Lichtstrahlen nur dann genau und leicht verzeichnen können, wenn wir seine Cardinalpunkte kennen. Zur Beantwortung einer Anzahl von Fragen genügt es jedoch, das ganze System als eine einzige Linse von bestimmter Brennweite aufzufassen. Die Kenntniss der Wirkungsweise einer solchen Linse reicht dann hin, uns eine Vorstellung von dem Wesen der Accommodation zu verschaffen.

Bekanntlich vereinigen sich parallele Lichtstrahlen, die auf eine convexe Linse (Fig. 2) fallen, in einer gewissen Entfernung hinter der Linse

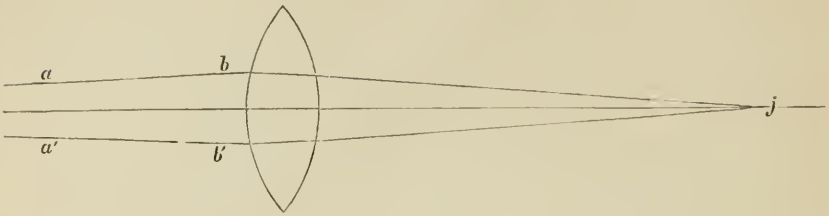
Fig. 2.



nahezu in einem Punkte, dem sogenannten Hauptbrennpunkte. Die Entfernung zwischen einem besonderen Punkte h'' der Linse, und dem Brennpunkte φ'' heisst die Hauptbrennweite F. Die Strahlen, welche von unendlich entfernten Punkten ausgehen, sind parallel; von jedem Punkte eines in endlicher Entfernung

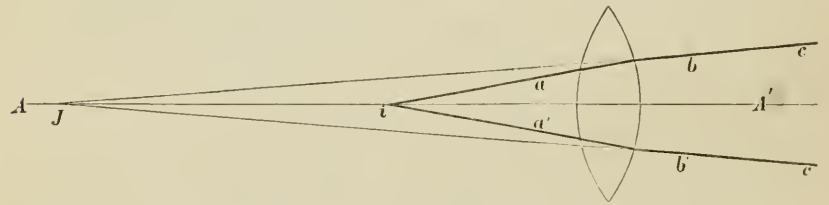
befindlichen Gegenstandes dagegen treten die Strahlen in divergirender Richtung aus. Fallen nun solche Strahlen (Fig. 3 *a b* und *a' b'*) auf die

Fig. 3.



Linse, so vereinigen sie sich ebenfalls nahezu in einem Punkte *J*, der aber weiter hinter der Linse liegt, als der Hauptbrennpunkt. Solch ein Punkt heisst im Allgemeinen auch Brennpunkt oder der zu dem Punkte, von welchem die Strahlen herkommen, conjungirte Brennpunkt, und der Hauptbrennpunkt ist eben der Brennpunkt für parallele Strahlen. Nun ist klar, dass die Strahlen auch in so divergenter Richtung auf die Linse auffallen können, dass sie hinter der Linse noch einen gewissen Grad von Divergenz beibehalten. Diess ist der Fall, wenn der Punkt *i* (Fig. 4), von dem

Fig. 4.



die Strahlen *i a* und *i a'* ausgehen, sich näher, als die Hauptbrennweite *F* beträgt, vor der Linse befindet. Die Strahlen nehmen dann nach der Brechung durch die Linse, als *b c* und *b' c'*, eine Richtung an, als wären sie von einem entfernter von der Linse gelegenen Punkte ausgegangen. Doch ist diess für die Erklärung des gewöhnlichen Sehens ohne Bedeutung, indem die Gegenstände, welche gesehen werden sollen, immer weit genug vom Auge gehalten werden, dass die von ihnen ausgehenden Strahlen, wenn sie auch nicht auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen, doch eine convergirende Richtung annehmen.

Im dioptrisch normalen Auge liegt die Netzhaut genau in der Hauptbrennweite des Systemes. Parallele, von unendlich entfernten Gegenständen ausgehende Strahlen werden mithin genau in der Netzhaut zur Vereinigung gebracht, und diese Gegenstände deshalb genau wahrgenommen. Von nahen Gegenständen treten jedoch, wie wir gesehen haben, die Strahlen in divergirender Richtung aus, und ihr Vereinigungspunkt liegt folglich im normalen Auge hinter der Netzhaut. Da nun das Auge

trotzdem im Stande ist, auch nahe Gegenstände genau wahrzunehmen, so muss es eine Einrichtung besitzen, durch welche auch divergent auffallende Strahlen in der Ebene der Netzhaut zur Vereinigung gebracht werden. Dieses Vermögen, nach Willkür Strahlen verschiedener Richtung auf der Netzhaut zu vereinigen, ist nun das Accommodationsvermögen des Auges.

Man kann sich leicht davon überzeugen, dass das normale Auge ein solches Vermögen besitzt. Jeder weiss aus Erfahrung, dass wir im Stande sind, in verschiedenen Entfernungen Gegenstände klar und scharf zu unterscheiden. Wir brauchen uns desshalb nur die Gewissheit zu verschaffen, dass wir nicht gleichzeitig entfernte und sehr nahe Gegenstände ganz scharf unterscheiden können, um einen Beweis dafür zu haben, dass ein Accommodationsvermögen existirt, d. h. mit anderen Worten, dass entsprechend der Entfernung, in welcher wir deutlich sehen, eine Veränderung im Inneren des Auges vorgeht. Es erscheint fast überflüssig, einen directen Beweis zur Stütze dieses Satzes anzuführen, da die alltägliche Beobachtung ihn beweist. Er lässt sich aber in besonders einleuchtender Weise demonstriren, wenn man einen Schleier einige Zoll vom Auge und ein Buch in grösserer Entfernung hält. Wir können dann nach Willkür bald das Gewebe des Schleiers, bald die Buchstaben des Buches, nie aber beide zugleich deutlich sehen. Sehen wir das Gewebe des Schleiers, so können wir die Buchstaben nicht erkennen; erkennen wir diese, so bringt der Schleier nur eine schwache, fast gleichmässige Verdunklung des Gesichtsfeldes hervor, von den einzelnen Fäden sehen wir jedoch kaum etwas. Der Zerstreuungskreis bei unvollkommener Accommodation lässt sich am deutlichsten an einem leuchtenden Punkte, oder an einem dunkleren Flecken oder Punkt auf einem Stück gewöhnlichen Fensterglases erkennen. Man hält das letztere, während das eine Auge geschlossen ist, nahe vor dem andern, jedoch so, dass der Punkt noch deutlich gesehen werden kann, dann werden die in einer gewissen Entfernung hinter dem Glase befindlichen Gegenstände ohne bestimmte Umrisse gesehen. Wenn wir wollen, können wir jedoch die in der Richtung des Punktes auf der anderen Seite des Glases befindlichen Gegenstände deutlich sehen, wobei dann aber der Punkt als ein grösserer, verwaschener Fleck erscheint. Es ist folglich im Auge eine Veränderung eingetreten, und wir werden uns derselben auch deutlich bewusst. Als wir durch das Glas nach entfernten Gegenständen sahen, war das Auge für beinahe parallele Strahlen eingerichtet; die von dem Punkte im Glase divergirend ausgehenden Strahlen hatten deshalb ihren Vereinigungspunkt hinter der Netzhaut. Wurde der Punkt scharf gesehen, so war das Auge für die von ihm divergirend ausgehenden Strahlen eingerichtet, und die von den entfernten Gegenständen in fast paralleler Richtung kommenden Strahlen hatten sich schon vor der Netzhaut vereinigt und sich in dem Brennpunkte durchkreuzt. Hatten sie sich nun vor oder hinter der Netzhaut vereinigt, immer haben die von jedem einzelnen Punkte ausgehenden Strahlen einen runden Fleck, statt eines Punktes auf der Netzhaut entworfen. Der Durchschnitt dieser sich durchkreuzenden Strahlen hat in der That fast die Form der Pupille, und die Strahlen des Kegels entwerfen, mögen sie vor oder hinter ihrem

Kreuzungspunkte die Netzhaut treffen, auf ihr einen kleinen Fleck von der Form der Pupille. Alle die kleinen Flecken, welche den einzelnen Punkten des Gegenstandes im Netzhautbilde entsprechen, sind nun gleich ebenso vielen übereinandergreifenden, als Flecken erscheinenden Punkten eines scharfen Bildes, und es ist desshalb klar, dass das erstere seine scharfen Umrisse verloren hat und auf der Oberfläche verwaschen erscheinen muss. Da aber das projicirte Bild dem Retinalbilde gleich ist, so sagen wir, dass wir den Gegenstand verschwommen sehen. In dieser Weise erscheinen uns alle Gegenstände, für welche das Auge nicht accommodirt ist.

§ 3. Veränderung des dioptrischen Systemes im Auge während der Accommodation.

Wir haben im vorigen Paragraphen sichergestellt, dass bei der Accommodation im Auge eine Veränderung vorgeht. Es fragt sich nun, worin diese Veränderung besteht? Seit Kepler zuerst die Frage aufgeworfen und darauf zu antworten versucht hat, hielt sie die Physiker und Physiologen in beständiger Spannung. Alle nur denkbaren Hypothesen sind zu Tage gefördert worden. Veränderte Lage der Linse, Verlängerung der Sehaxe, Verengerung der Pupille und Formveränderung der Linse sind nacheinander zur Erklärung herangezogen worden, und diejenigen, welche sich durch keine dieser Theorien zufriedengestellt erklärten, waren zuweilen kühn genug die Existenz eines Accommodationsvermögens überhaupt zu leugnen. Erst der Augenspiegel, welcher uns in den Stand setzt die diffusen Bilder der Gegenstände, für welche das Auge nicht accommodirt ist, im Augengrunde wirklich zu sehen, hat diese zum Stillschweigen gebracht.

Es ist nicht meine Absicht die lange Reihe unrichtiger Ansichten über diesen Gegenstand von Neuem einer Kritik zu unterwerfen. Ich schreibe keine Geschichte der Irrthümer. Wir kennen jetzt die Veränderung, welche das dioptrische System des Auges bei der Accommodation erleidet, und die Quelle dieser Kenntniss allein will ich in ihren Hauptumrissen skizziren. Die Veränderung besteht in einer Formveränderung der Linse; insbesondere wird die vordere Fläche gewölbter und nähert sich der Hornhaut.

Es sind jetzt etwas mehr als sechzig Jahre, dass Thomas Young [1]) die Ueberzeugung gewann, das Accommodationsvermögen hänge von einer Formveränderung der Linse ab. Zu dieser Ueberzeugung gelangte er nicht bloss durch Ausschliessung der anderen Hypothesen, sondern er brachte Gründe bei, die richtig verstanden, als positive Beweise anzusehen sind. Als Hypothese war die Anschauung schon früher ausgesprochen, vor Young aber konnte sie für wenig mehr als eine willkürliche Behauptung, der jede weitere Bedeutung abging, gelten. Indessen erkannte man die Beweiskraft von Young's Versuchen nicht, und seine Lehre fand in

[1]) Philosophic. Transactions. 1805, vol. XCII, pag. 23. — Miscellaneous Works of the late Th. Young, ed. by George Peacock. Vol. I. p. 12. London 1855.

der langen Reihe unrichtiger Ansichten und gewagter Annahmen, welche immer wieder von Neuem aufgestellt wurden, kaum einen Platz. Vielleicht schenkte man Young's Darstellung deshalb nicht die gehörige Aufmerksamkeit, weil die Physiologen sich nicht vorstellen konnten, durch welchen Mechanismus die Linse ihre Form verändern sollte, da sie im Auge keine muskulösen Elemente kannten und nur geringe Neigung verspürten, mit Young [1]) die Linsenfasern für contractil zu halten. Erst nachdem von Anderen directe Beweise, welche im Bereich der Beobachtung und des Begriffsvermögens Aller liegen, für die Formveränderung der Linse beigebracht waren, stellte Helmholtz [2]) die sinnreiche Untersuchung von Thomas Young ins gehörige Licht. Die directen Beweise wurden schon einige Jahre früher geliefert, und unserem der Wissenschaft zu früh entrissenen Landsmanne Cramer [3]) gebührt dabei die grösste Ehre.

Die Reflexbilder der vorderen und hinteren Linsenfläche waren schon seit einer Reihe von Jahren allgemein bekannt. Purkinje hatte sie 1823 entdeckt und Sanson hatte sie (1837) für die Diagnose der Katarakta verwerthet. Hätte noch ein Zweifel über die Entstehungsweise der beiden im Auge hinter der Hornhaut beobachteten Reflexe bestanden, so wäre er durch die Versuche von Meyer [4]) beseitigt worden. Für die Diagnose der Katarakta haben sie allerdings ihre Bedeutung verloren, seitdem entscheidendere Hilfsmittel entdeckt sind, diese Diagnose zu stellen. Dafür haben aber gerade sie die untrügliche Antwort auf die Frage gegeben, ob die Linse bei der Accommodation des Auges eine Veränderung, sei es in Form oder Lage, erleide.

Max Langenbeck [5]) kam zuerst auf den Gedanken die Reflexbilder der Linse in Bezug auf diese wichtige Frage zu untersuchen. Doch prüfte er sie bloss mit unbewaffnetem Auge und überdiess unter einem sehr unvortheilhaften Winkel — zwar eigentlich nur hinsichtlich der Tiefe ihrer Lage im Auge — und wir können deshalb kaum annehmen, dass seine Untersuchung genügt habe, um eine sichere Ueberzeugung hervorzurufen. Nichtsdestoweniger hat er den wesentlichen Punct getroffen, nämlich, dass bei der Accommodation für die Nähe die vordere Linsenfläche gewölbter wird. Dieser Ausspruch lag in einem Werke verborgen, dessen Titel wenig geeignet war die Aufmerksamkeit der Physiologen auf sich zu ziehen. Durch einen Zufall fiel mir das Buch in die Hände und, betroffen von Langenbeck's glücklicher Idee, machte ich sofort den Versuch mich von der Richtigkeit seiner Behauptung zu überzeugen, ohne wegen der mangelhaften Hilfsmittel, die ich anwendete, sogleich ein befriedigendes Resultat zu erhalten. Doch stand ich nicht an, vorherzusagen, [6]) dass, wenn man die Reflexbilder mit vergrössernden Instrumenten

---

[1]) Miscell. Works. Vol. I. pp. I. et sqq.
[2]) Physiolog. Optik. p. 112.
[3]) Het accommodatie-vermogen, physiologisch toegelicht. Haarlem 1853.
[4]) Zeitschrift für ration. Med. Bd. V. 262. 1846.
[5]) Klinische Beiträge aus dem Gebiete der Therapie und Ophthalmologie. Göttingen 1849.
[6]) Nederl. Lancet 2 ser. D. V, pp. 135 und 147.

untersuchen würde, es sich entscheiden lassen müsste, ob bei der Accommodation eine Veränderung in der Linse auftrete oder nicht. Bald darauf hörte ich, dass Cramer, durch diese Bemerkung veranlasst, die Frage wieder aufgenommen habe, und stand desswegen von weitern Versuchen ab. Cramer erkannte die ganze Wichtigkeit der Frage, löste sie in der von mir angedeuteten Weise und stützte das Resultat seiner Arbeit mit so triftigen Gründen, dass seine Richtigkeit in ganz kurzer Zeit allgemein zugegeben wurde.

Ich habe oben angeführt, dass man aus den Reflexbildern der Linse sowohl die Krümmung, als den Ort ihrer Oberflächen bestimmen könne. Schon Cramer hatte beides aus seinen Untersuchungen abgeleitet.

Was zunächst die Krümmung anbetrifft, so wissen wir, dass Convexspiegel ein verkleinertes Bild hinter, Concavspiegel vor der spiegelnden Fläche entwerfen, und dass die Bilder um so kleiner werden, je kürzer der Krümmungsradius ist. Man sieht diess leicht, wenn man die Reflexbilder einer Flamme, welche von biconvexen mit verschiedenen Radien geschliffenen Brillengläsern entworfen werden, vergleicht. Wir sehen ein aufrechtes Reflexbild hinter der vorderen Fläche des Glases und ein umgekehrtes Bild vor dem Glase, und beide werden kleiner im Verhältniss zu der Convexität der Flächen des benutzten Glases. Das hintere aufrechte Bild kommt durch Spiegelung an der vorderen Fläche, das vordere umgekehrte Bild durch Spiegelung an der hintern Fläche oder, richtiger ausgedrückt, an der concaven Fläche der Luft, welche die hintere convexe Fläche des Glases berührt, zu Stande. Nun wirkt aber im Auge die vordere Fläche der Linse als Convexspiegel, die hintere Fläche derselben, oder vielmehr die vordere, jener entsprechenden Fläche des Glaskörpers, als Concavspiegel. Die Reflexbilder sind lichtschwach, weil die Brechungsverhältnisse der Augenflüssigkeiten und der Linse sich nur wenig unterscheiden, und die Spiegelung desshalb nicht beträchtlich ist. Sie lassen sich indessen deutlich erkennen, wenn man eine helle Flamme auf einer Seite des Auges hält und von der anderen Seite in's Auge hineinsieht. Macht eine von der Flamme nach dem Auge gezogene Linie mit der Sehachse einen Winkel von circa 30^0, und sehen wir von der anderen Seite ebenfalls unter einem Winkel von circa 30^0 mit der Sehachse in das Auge, so erscheinen die drei kleinen Bilder in einer Ebene nahe neben einander in der Pupille (Fig. 5).

Fig. 5.

A gibt ihre Lage in einem für die Ferne, *B* in einem für die Nähe accommodirten Auge an. In beiden ist *a* das Reflexbild der Cornea, *b* das der vordern, *c* das der hinteren Linsenfläche. Indem Cramer sie bei 10- bis 20facher Vergrösserung beobachtete, überzeugte er sich, dass das Spiegelbild *b* der vorderen Linsenfläche bei Accommodation für die Nähe beträchtlich kleiner wird, und schloss daraus ganz richtig, dass die vordere Linsenfläche gewölbter wird, der Krümmungsradius also abnimmt. In der Folge hat Helmholtz,[1]) der unabhängig von Langenbeck und Cramer das wahre Princip der Accommodation [2]) entdeckte, festgestellt, dass auch das kleine, umgekehrte, durch Spiegelung an der Oberfläche des Glaskörpers entstehende Bild *c* bei der Accommodation für die Nähe ein wenig an Grösse abnimmt — und zwar nicht nur seine scheinbare, sondern auch seine wirkliche Grösse —, und dass desshalb auch die hintere Linsenfläche, wenn auch nur in geringem Maase, an Convexität zunimmt.

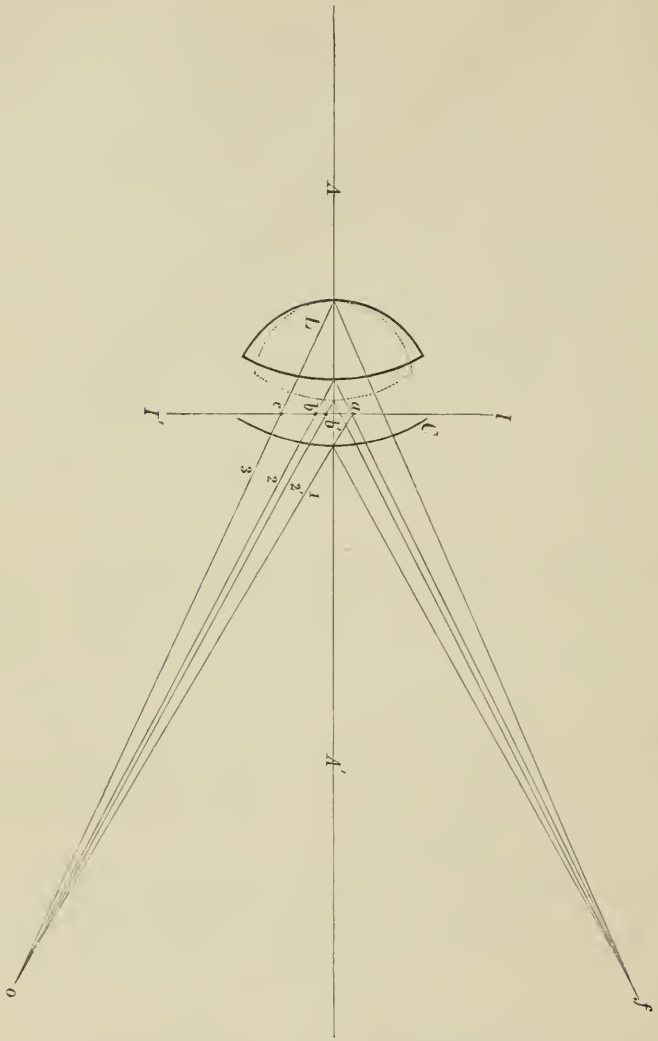
Was die Ortsveränderung der Linsenflächen betrifft, so lässt sich diese aus der Ortsveränderung der Spiegelbilder bestimmen. Vergleichen wir in Fig. 5, *A* und *B*, so werden wir sehen, dass das von der vorderen Linsenfläche reflectirte Bild *b* in *B* dem Spiegelbilde der Cornea *a* vielmehr genähert ist, als in *A*; woraus Cramer schloss, dass die vordere Oberfläche der Linse, gewölbter geworden, selbst auch näher an der Cornea liegt.

Die nächste Figur (Fig. 6) zeigt diess deutlich. *AA'* sei die Achse der Cornea, mit der, wie wir annehmen wollen, die Achse der Linse *L* zusammenfalle. Die Linse ist in doppelter Form gezeichnet, nämlich einmal mit ausgezogenen Linien in der Form der Einstellung für die Ferne und das andere Mal mit punctirten Linien in der Form der Accommodation für die Nähe. Befindet sich nun die Flamme in *f* und das Auge des Beobachters in *o*, so sind diese Beiden so angebracht, dass die von ihnen ausgehenden Linien jeden Punct der Achse unter gleichen Winkeln schneiden. Deshalb treffen die von den spiegelnden Flächen des beobachtenden Auges dort, wo diese Flächen von der Achse geschnitten werden, reflectirten Strahlen das Auge des Beobachters.

Das Spiegelbild der Cornea wird desshalb in der Richtung *o*1 und, wenn man die Brechung an den weiter vorne gelegenen Flächen nicht berücksichtigt, das der vordern Linsenfläche in der Richtung *o*2 und das der hintern Fläche in der Richtung *o*3 gesehen. Auf die Ebene *II'* projicirt erscheinen sie als *a*, *b* und *c* nahe an einander (Vergl. auch Fig. 5, *A*). Rückt nun die vordere Linsenfläche bis zur punctirten Linie vor, so wird das zweite Bild in der Richtung *b*2' und deshalb auf die Ebene *II'* projicirt, als *b'* gesehen; es hat sich folglich dem Spiegelbilde *a* der Cornea genähert (Fig. 5, *B*). Aus dieser leicht zu beobachtenden Ortsveränderung schliessen wir also, dass sich bei Accommodation für die Nähe die vordere Linsenfläche der Cornea nähert. In der Wirklichkeit freilich sehen wir die Bilder *b* und *b'* nicht genau in der Richtung des Punktes, in welchem die Achse die Oberfläche der Linse schneidet,

[1]) Arch. f. O. I. 2. p. 1.
[2]) Monatsberichte der Akademie zu Berlin. Febr. 1853, p. 137.

Fig. 6.



weil sowohl der einfallende wie der reflectirte Strahl weiter vorne von der Cornea gebrochen wird. Aber in Folge der Symmetrie der Cornea, die überdiess ihre Form nicht ändert, und der zur Achse symmetrischen Lage des Auges *o* und der Flamme *f* sind die dadurch bedingten Abweichungen auf beiden Seiten gleich gross, so dass der oben gemachte Schluss ganz richtig bleibt. Wenn wir die Richtung des Hornhautradius an den Stellen, wo der an der vordern Linsenfläche reflectirte Strahl in die Hornhaut eindringt und sie wieder verlässt, bestimmen, so können wir aus dem Ab-

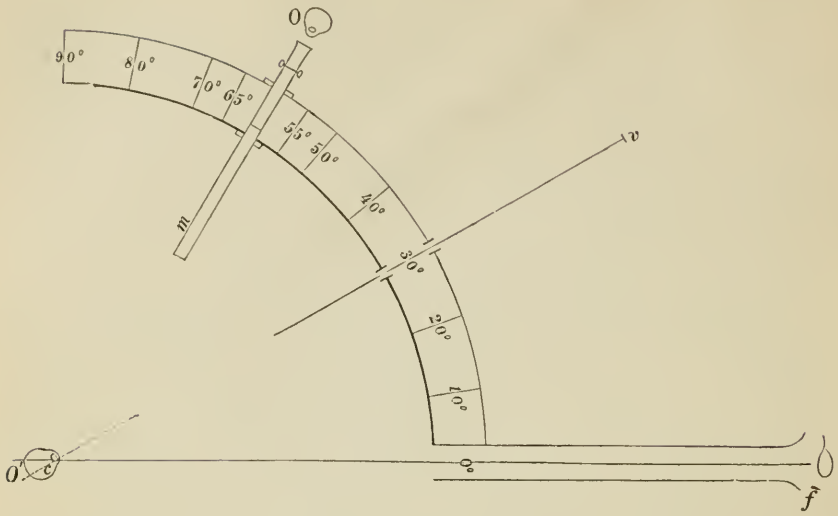
stande zwischen den Bildern a und b und a' und b' die Entfernung der vordern Linsenfläche von der Hornhaut berechnen.

Eine Ortsveränderung des hinteren Bildes hat Cramer nicht beobachtet; er schloss daraus, dass die Lage der Fläche sich nicht ändere. Dieser Schluss war solange willkürlich, als nicht festgestellt war, welchen Einfluss die Formveränderung der Linse bei der Accomodation auf den scheinbaren Ort des Bildes c habe. Seitdem aber die mathematische Untersuchung von Helmholtz nachgewiesen hat, dass in Folge einer eintretenden Compensation ein solcher Einfluss entweder gar nicht oder nur in geringem Maasse besteht, so sind wir in der That berechtigt, aus der unveränderten Lage des Bildes c den Schluss zu ziehen, dass die hintere Linsenfläche bei der Accommodation ihren Ort nicht verändert.

Die bei der Accommodation für die Nähe beobachteten Veränderungen im dioptrischen Systeme des Auges bestehen also in Folgendem: 1. Die vordere Linsenfläche wird gewölbter und nähert sich der Hornhaut; beides beträchtlich. 2. Die hintere Linsenfläche wird ein wenig mehr convex, bleibt aber demungeachtet nahezu in gleicher Entfernung von der Hornhaut. — Ausser diesen hier beschriebenen Veränderungen treten bei der Accomodation keine anderen im dioptrischen Systeme des Auges auf. Denn erstens hat Knapp für einzelne Individuen nachgewiesen, dass die in der Linse eintretenden Veränderungen im Allgemeinen hinreichen, ihre Accomodationsbreite zu erklären, und zweitens habe ich mir die Ueberzeugung verschafft, dass bei Verlust der Linse selbst in jugendlichen Individuen nicht die leiseste Spur eines Accomodationsvermögens zurückbleibt. Knapp's Resultate werde ich am Ende der Anmerkung zu dem ersten Capitel, die meinigen in dem Capitel über Aphakie ausführlicher mittheilen.

Um die Spiegelbilder zu beobachten, hat sich Cramer eines Instrumentes bedient, das er Ophthalmoskop nannte, ein Ausdruck, mit welchem jetzt allgemein und mit mehr Recht der Augenspiegel bezeichnet wird. Ich habe dieses Instrument in der Weise modificirt, dass es zu Messungen benützt werden kann, und habe ihm in dieser Form den ganz bezeichnenden Namen Phakoidoskop gegeben. Die wesentlichsten Bestandtheile dieses Instrumentes (Fig. 7) sind: 1. Ein in Grade getheilter, horizontaler Quadrant. 2. Eine im beobachteten Auge o' gespiegelte Flamme f. 3. Ein Mikroskop m, durch welches das beobachtende Auge o das beobachtete Auge o' 15—30 Mal vergrössert sieht, und in welchem ein zwischen zwei beweglichen senkrechten Platten befindlicher Schlitz im Okular als Mikrometer dient. 4. Ein Visirzeichen v, das man in verschiedenen Entfernungen vom Auge aufstellen kann. Die Flamme fällt unveränderlich über 0° ein. Das Visirzeichen und das Mikroskop lassen sich horizontal um den Mittelpunct, aus welchen der Quadrant beschrieben ist, drehen; das beobachtete Auge O' ist so fixirt, dass seine Linse mit dem Mittelpunct dieses Quadranten zusammenfällt. Auf diese Weise kann man abwechselnd das nahe am Auge aufgestellte Visirzeichen und einen in der Richtung des Zeichens befindlichen fernen Punkt fixiren lassen, nachdem man zuvor dem Mikroskop und dem Visirzeichen eine geeignete Aufstellung gegeben hat. Dabei bleibt die Flamme, wie gesagt, in der Richtung von 0°. Haben wir nun das Mikroskop bei 60° und das Visirzeichen in der Nähe von 30° aufgestellt, so werden wir in der Regel bei Aenderung der Accommodation die Orts- und Grössenveränderung des mittleren Bildes sehr deutlich bemerken. — Genau genommen, sollte das Visirzeichen nicht bei 30°, sondern etwa 5°—6° davon entfernt stehen, da das beobachtete Auge 5° oder 6° weiter nach innen sehen muss. Die Sehachse liegt nämlich im Allgemeinen an der Aussenseite der Sehlinie, (d. i. die Linie, welche den gelben Fleck mit dem fixirten Puncte verbindet), und die Seh-

Fig. 7.

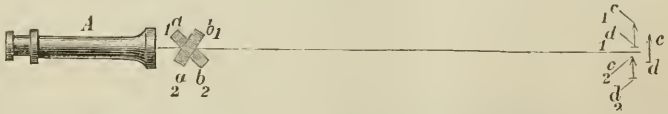


linie muss desshalb nach einwärts gewendet werden, wenn die Sehachse nach 30° gerichtet sein soll. Wollen wir die Lage der spiegelnden Oberfläche der Linse aus dem Abstande der Spiegelbilder a und b bestimmen, so muss zuvor die Richtung der Hornhautachse gesucht werden, damit das Visirzeichen in Bezug auf sie richtig aufgestellt werden kann.

Helmholtz hat ein besonderes, von ihm Ophthalmometer genanntes Instrument construirt, um die Grösse der Spiegelbilder zu bestimmen. Dieses Instrument ist eines der werthvollsten Geschenke, welches wir seinem Genius verdanken. Kohlrausch, sowie Senff hatten schon die Spiegelbilder mit einem Vergrösserungsglase gemessen, (wenigstens das der Cornea). Aber das Ophthalmometer hat einen grossen Vorzug vor gewöhnlichen Vergrösserungsgläsern, indem die Mühe und die Ungenauigkeiten, welche nothwendigerweise mit wiederholten Messungen der Grenzen des Bildes der leisen Bewegungen des Kopfes und des Auges wegen verbunden sind, bei diesem Instrumente vermieden werden. Die Art und Weise, wie Astronomen mit dem Heliometer die sehr kleinen Dimensionen der in beständiger Bewegung befindlichen Planeten messen, brachte Helmholtz auf die Idee zur Construction seines Instrumentes. Die Messungen werden durch Verdopplung der Bilder bewerkstelligt, und dasselbe ist beim Ophthalmometer der Fall. Gegenstände, welche man durch Glasplatten mit vollkommen plan-parallelen Flächen, unter einem Winkel zur Sehlinie gehalten, ansieht, erscheinen um ein gewisses Maass seitlich verschoben, und diese seitliche Verschiebung nimmt mit der Grösse des Einfallswinkels der Lichtstrahlen auf die Platte zu. Auf dieser Thatsache beruht die Wirkung des Ophthalmometers.

In (Fig. 8) sei A ein Galileisches Fernrohr, vor dessen Objectiv sich zwei

Fig. 8.



plan-parallele Glasplatten — in a_1 b_1 und a_2 b_2 im Profil gesehen — in der Weise gegen die Achse des Fernrohrs geneigt angebracht sind, dass die rechte Hälfte des

Objectivs ihr Licht durch die Platte a_2 b_2, die linke Hälfte durch die Platte a_1 b_1 erhält. Dann erscheint das Bild cd, auf welches das Fernrohr gerichtet ist, nicht in cd, sondern durch die Platte a_1 b_1 in c_1 d_1 und durch die Platte a_2 b_2 in c_2 d_2. Die beiden Bilder stehen gleichzeitig nahe neben einander im Gesichtsfelde des Fernrohrs. Dreht man nun die Glasplatten soweit, dass das Ende d_1 des ersten mit dem Ende c_2 des zweiten Bildes sich berühren, und kennen wir sowohl den Winkel, um welchen die Glasplatten gedreht sind, als auch ihre Dicke und das Brechungsverhältniss des Glases, so können wir die Länge cd berechnen, selbst ohne die Entfernung von A bis cd zu kennen. Das Ophthalmometer ist ferner so eingerichtet, dass beide Glasplatten, wenn man sie eine ganze Drehung machen lässt, immer gleiche Winkel durchlaufen und mit grosser Genauigkeit ablesen lassen, welchen Winkel sie jeder Zeit mit der Achse einschliessen. Wer die Details der Construction dieses Instrumentes kennen lernen will, lese den Aufsatz von Helmholtz (Archiv f. O. I. 2. p. 1) selbst nach. Der Beobachter kann auch, wenn er es vorzieht, die Berechnung von cd umgehen. Hat man einen Maassstab mit feiner Theilung, so kann man empirisch bestimmen, durch welche Anzahl Grade des Ophthalmometers bekannte Grössen abgemessen werden, und kann sich eine Tabelle mit den Resultaten herstellen. Aus Gründen, die an einem andern Orte (Verslagen en Mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Amsterdam. 1861. D. XI. p. 159) angegeben sind, habe ich dieser Methode sogar den Vorzug gegeben. Aus den am Ophthalmometer abgelesenen Graden, durch welche ein Spiegelbild gemessen wird, finden wir dann unmittelbar seine Grösse in der Tabelle, und wenn wir zu gleicher Zeit die Entfernung und die Grösse des Gegenstandes kennen, dessen durch eine gekrümmte Oberfläche entworfenes Bild wir messen, können wir nach einer ziemlich einfachen Formel den Krümmungsradius derselben berechnen. Benützt man ferner immer dasselbe Object, z. B. den Abstand zweier Flammen, und befindet sich dieses immer in derselben Entfernung von dem beobachteten Auge, so können wir in der Tabelle hinter der Bildgrösse leicht den entsprechenden Krümmungsradius hinzusetzen, und so unmittelbar aus jeder am Ophthalmometer abgelesenen Anzahl von Graden den Krümmungsradius der spiegelnden Fläche ablesen. Eine solche Tabelle besteht in dem Netherlandsch Gasthuis voor Ooglijders in Utrecht und an manchen anderen Augenkliniken.

Die Anwendung des Ophthalmometers zur Messung der hellen Spiegelbilder der Hornhaut ist sehr leicht. Man beobachtet, dass bei der Accommodation für alle möglichen Entfernungen die Grösse der Bilder und folglich auch der Krümmungsradius unverändert dieselben bleiben.

Das Spiegelbild der vorderen Linsenfläche ist zu schwach und zu wenig scharf begrenzt, um die Messung der Doppelbilder mit dem Ophthalmometer zu gestatten. Helmholtz entwirft desshalb in der Nähe des Spiegelbildes der Linse ein veränderliches Spiegelbild der Hornhaut, und macht diess letztere dem ersteren an Grösse gleich, was er mit unbewaffnetem Auge nahezu beurtheilen kann. Die Grösse des Hornhautbildes kann dann in jedem Falle gemessen oder berechnet werden. Die Grösse lässt sich auf das Genaueste abschätzen, wenn jedes Spiegelbild aus zwei kleinen Wachskerzen besteht, deren Abstand von einander dann die Grösse des Gegenstandes repräsentirt. Man erhält die Verdopplung durch zwei Kerzen oder durch Spiegelung einer Kerze in einem unmittelbar unterhalb des beobachteten Auges angebrachten Spiegel. Doch lässt die Genauigkeit der Methode nach Knapp (Archiv f. O. VI. 2. p. 1), der sie etwas modificirte, noch viel zu wünschen übrig. So leicht es ist, sich von der Veränderung in der Grösse des Spiegelbildes b zu überzeugen, eben so schwierig bleibt es wegen der Schwäche und des Mangels an scharfen Contouren die absolute Grösse desselben mit wünschenswerther Genauigkeit zu bestimmen. — Das kleine umgekehrte Bild der hinteren Linsenfläche ist scharf begrenzt. In diesem Falle war das Ophthalmometer wieder anwendbar, und Helmholtz überzeugte sich, dass der Krümmungsradius bei der Accommodation für die Nähe hier ein wenig kleiner wird. Genauere Bestimmungen nach einer modificirten Methode (v. Knapp l. c. p. 34) haben zu demselben Ergebniss geführt.

Um den Ort der vorderen Linsenoberfläche festzustellen, bestimmte Helmholtz den Ort des Pupillenrandes, welcher der Linse anliegt. Die Lage der hinteren Fläche, bei deren Bestimmung das Ophthalmometer wieder gute Dienste leistete, wurde auf eine viel complicirtere Weise, als zur Messung der Spiegelbilder nöthig

war, bewerkstelligt. Diese Bestimmungen des Ortes der reflectirenden Flächen konnten, wie schon erwähnt wurde, auch durch das Phakoidoskop ausgeführt werden.

Diess möge in Bezug auf die Methoden, über welche Helmholtz und Knapp nachzulesen sind, genügen. Ueber die erhaltenen Resultate werde ich die nöthigen Angaben in der Anmerkung zu diesem Kapitel mittheilen.

§ 4. Ueber den Mechanismus der Accommodation.

Sobald die bei der Accommodation im dioptrischen Systeme eintretenden Veränderungen bekannt waren, befanden sich die Physiologen in der Lage mit einiger Hoffnung auf Erfolg nach dem Mechanismus zu forschen, durch welchen diese Veränderungen bewerkstelligt werden. Man versuchte diese Frage auf verschiedene Weise zu lösen; auf dem Wege des Experimentes, durch sorgfältige anatomische Untersuchung jener Theile, welche bei dem in Rede stehenden Mechanismus in Betracht zu kommen scheinen, und endlich, indem man auch die Pathologie zu Rathe zog. Trotz alledem lässt sich nicht sagen, dass bis jetzt irgend eine der aufgestellten Theorien vollständig bewiesen sei; wir haben eben nicht mehr erreicht, als dass wir *per exclusionem* die Grenzen, innerhalb welcher sich unsere Anschauungen zu halten haben, enger gesteckt haben.

Man hat im Allgemeinen stillschweigend angenommen, dass die Accommodation für die Ferne und selbst für den fernsten Punct des deutlichen Sehens durchaus passiver Natur sei, und dass dabei einzig und allein eine Erschlaffung jener Theile, welche in activer Weise die Accommodation für die Nähe ins Werk setzen, sich einstelle. Nach meiner Meinung ist diese Vorstellung in jeder Hinsicht gerechtfertigt. Geht man aber damit um, eine Erklärung für den Mechanismus der Accommodation zu suchen, so ist sie als eine Vorfrage von solcher Wichtigkeit, dass sie um so mehr eingehend besprochen werden muss, als in der That von gewisser Seite für eine active Accommodation auch für die Ferne plaidirt wird. Die Gründe, um derentwillen man, wie ich glaube, daran festhalten muss, dass allein die Accommodation für die Nähe activer, die Accommodation für die Ferne dagegen passiver Natur sei, sind folgende:

1. Die subjective Empfindung. — Für mich ist dieselbe entscheidend.

2. Die durch Mydriatica hervorgerufenen Erscheinungen. Tröpfeln wir eine Lösung von ein Theil *Atropinum sulphuricum* auf 120 Theile Wasser ins Auge, so fängt die Pupille nach 10 oder 15 Minuten an sich zu erweitern, und bald darauf entfernt sich der Nahpunct weiter und weiter vom Auge. Nach 40 Minuten ist alle Thätigkeit aufgehoben, und das Auge bleibt für seinen Fernpunct accommodirt. Das der Accommodation dienende Muskelsystem ist jetzt gelähmt, und es ist somit bewiesen, dass Lähmung, d. i. der höchste Grad von Entspannung, der Accommodation für den Fernpunct vollkommen entspricht. Wollte man nun die Existenz eines besonderen Systems von Muskelfasern annehmen, das in activer Weise bei der Accommodation für den Fernpunct mitwirkt, so müsste man sagen, *a.* dass dies System durch Atropin nicht gelähmt werde, *b.* dass es durch dieses Agens in einen Zustand versetzt werde, der es unfähig mache, sich zu entspannen. Diese Annahme wäre nicht ganz absurd. Man hat gesagt, dass etwas der Art bei der Wirkung des Atro-

pins auf die Iris stattfinde; die circulären Fasern derselben würden gelähmt, während gleichzeitig die radiären [1]) Fasern in einen Zustand von Spasmus versetzt würden, so dass die Pupille viel weiter als in Fällen von Lähmung des Sphincter werde, und auch entweder gar nicht oder nur wenig geeignet ist, sich durch Reizung des Halssympathicus noch mehr zu erweitern. [2]) Obwohl aber diese Annahme nicht absurd ist, so ist sie trotzdem weit hergeholt und wenig zulässig. Dass sie unrichtig ist, geht hervor:

3. Aus den Erscheinungen, welche die Oculomotoriuslähmung begleiten. Bei diesem Leiden geht nicht selten das Accommodationsvermögen total verloren, und der Zustand kann entweder mit Lähmung einiger oder aller vom Oculomotorius versorgten Muskeln zusammen vorkommen, oder auch ganz unabhängig für sich bestehen. Dabei entspricht die Refraction dem ursprünglichen Fernpuncte, wie mir geheilte Fälle zur Genüge bewiesen haben. Die Pupille ist unbeweglich und, wenn auch nicht *ad maximum*, erweitert. Durch Einträufeln von Atropin wird der Durchmesser grösser, aber die Refraction des Auges bleibt ungeändert. Es entspricht also die Einstellung für den Fernpunct der vollständigen Lähmung. Bei unvollkommener Lähmung (Accommodationsparese) rückt der Nahpunct immer vom Auge weg, während der Fernpunct ungeändert bleibt. Fälle von Lähmung, in denen der Fernpunct dem Auge genähert wäre, kommen nicht vor, was doch der Fall sein müsste, wenn es ein Muskelsystem gäbe, welches in activer Weise die Accommodation für die Ferne besorgte.

4. Die in ihrer Kapsel eingeschlossene Linse besitzt eine wichtige Eigenschaft, auf welche hier noch besonders hingewiesen werden muss. Sie besitzt nämlich einen hohen Grad von Elasticität. Schon bei leisem Druck verändert sie leicht ihre Form, nimmt aber augenblicklich ihre ursprüngliche Form wieder an, wenn der Druck nachlässt. Daraus ergibt sich auch, dass nur der Mechanismus der Accommodation für die Nähe sich durch Muskelwirkung erklären lässt, und die Rückkehr zur Einstellung für die Ferne spontan (mit Beihilfe der elastischen Theile) eintritt, sobald die active Muskelthätigkeit aufhört. Die Anstrengungen kurzsichtiger Personen in grösserer Entfernung deutlich zu sehen, beschränken sich, wie wir später nachweisen werden, darauf, durch Verdecken eines Theiles der Pupille die Zerstreuungskreise zu verkleinern; wirkliche Accommodation — Veränderung im dioptrischen System — wird dadurch nicht zu Stande gebracht.

Die Accommodation für die Nähe dagegen muss durch Muskelwirkung zu Stande kommen, denn sie gehorcht dem Willen, und es gibt keine willkürliche Bewegung ohne die Mitwirkung contractiler — muskulöser Elemente.

---

[1]) Siehe über diese radiären Fasern in der Iris Henle gegen Grünhagen. Henle und Meissner, Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie im Jahre 1864, p. 129.

[2]) Siehe de Ruyter, De actione Atropae Belladonnae in iridem, Trajeni ad Rhenum, 1856. Kuyper, Onderzoekingen betrekkelijk de kunstmatige verwijding van den oogappel. Utrecht, 1860.

Ehe die Physiologen mit den Veränderungen des dioptrischen Systems bekannt waren, legten sie den äusseren Augenmuskeln in Bezug auf das Zustandekommen der Accommodation Wichtigkeit bei. Nachdem wir jetzt wissen, dass die Accommodation in einer Formveränderung der Linse besteht, scheint diese Anschauung kaum einer Widerlegung zu bedürfen. Dass wir bei convergenten Sehlinien, während der Contraction der *Mm. recti interni*, die Accommodation in höherem Grade als bei parallelen Sehlinien, anspannen können, beweist nur, dass der Accommodationsmuskel und die *Mm. recti interni* associirte Muskeln sind, und man kann daraus durchaus nicht den Schluss ziehen, dass die *Mm. recti interni* direct etwas mit der Accommodation zu thun haben. Dass ein solcher Zusammenhang nicht besteht, zeigten mir auch jene Fälle, wo der *M. rectus internus* vollständig gelähmt war, die Accommodation aber trotzdem ihre normale Breite beibehalten hatte. Dieselbe Folgerung hätte man auch schon aus der Thatsache ziehen können, dass, wenn der fixirte nahe Gegenstand seitwärts liegt, der eine *Rectus internus* unthätig ist, und trotzdem sich in einem solchen Falle die Accommodation für die Nähe in der gewöhnlichen Weise einstellt. Es kommen ferner häufig Fälle vor, wo die Accommodation durch Lähmung ganz aufgehoben ist, ohne dass die äusseren Augenmuskeln im Geringsten in ihrer Wirkung beeinträchtigt sind, und schliesslich werden einige Fälle von Lähmung aller oder fast aller Augenmuskeln und von Mangel derselben verzeichnet, ohne dass das Accommodationsvermögen vermindert gewesen wäre. Wir schliessen daraus, dass die äusseren Augenmuskeln keinen directen Einfluss auf die Accommodation ausüben.

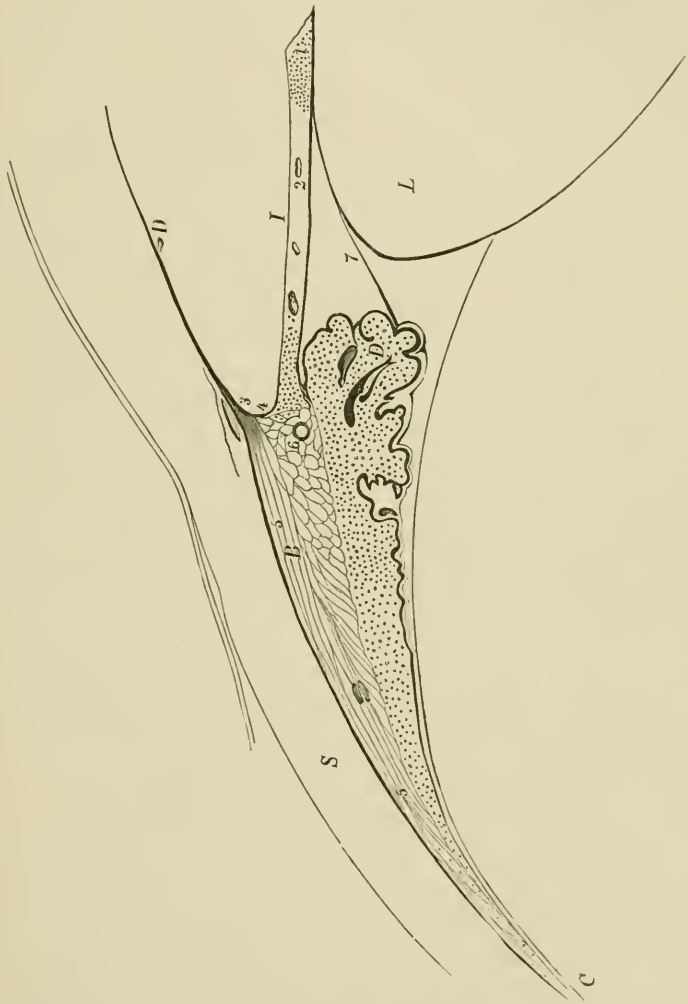
Es müssen desshalb die contractilen Elemente, welche die Accommodation bewirken, ausschliesslich im Innern des Auges liegen. Nun kennen wir aber im Auge der Säugethiere nur glatte Muskelfasern oder Faserzellen, während quergestreifte Muskelfasern oder Bündel nicht vorkommen. Doch werden im Vogelauge jene durch letztere ersetzt, so dass wir berechtigt sind, den glatten Muskelfasern dieselbe Bedeutung und Folgsamkeit gegen den Willen wie jenen zuzuschreiben. In der That ist es nicht auffallender, hier Faserzellen zu finden, dem Willen unterworfen, als die quergestreiften Muskelfasern des Herzens seinem Einflusse entzogen zu sehen. Bedenken wir ferner, dass Cramer bei verschiedenen, ihrer äusseren Muskeln beraubten Thieraugen auf galvanische Reizung Accommodation für die Nähe eintreten sah, und dass Lähmung der Iris und der Accommodation fast immer Hand in Hand gehen, so lässt sich nicht mehr daran zweifeln, dass die im Innern des Auges befindlichen, unter dem Einflusse der Ciliarnerven stehenden muskulösen Elemente durch ihre Contraction die Accommodation für die Nähe bewirken.

Wir kennen aber im Säugethier-Auge an muskulösen Elementen (Fig. 9):

1. Die Muskelfasern der Iris. — Die Kreisfasern (*Sphincter pupillae*) (*1*) lassen sich leicht sehen und isoliren, am leichtesten an weissen Kaninchen und Katzen. Isolirte radiäre Faserbündel lassen sich weniger leicht nachweisen. Die Gefässstämme, (*2*) welche ebenfalls in radiärer Richtung verlaufen, besitzen eine deutliche Muskellage, und es lässt sich im

Allgemeinen schwer nachweisen, dass die Faserbündel, welche man findet, nicht den Gefässen angehören. Doch glauben sich die meisten Anatomen von ihrer Existenz überzeugt zu haben. Ich selbst konnte das nie vollständig erreichen.

Fig. 9.



Indem es mir nun gelungen ist, durch Versuche an weissen Kaninchen bestimmt nachzuweisen, [1]) dass die Blutgefässe der Iris bei Rei-

[1]) Vergl. Kuyper l. c. p. 19.

zung des Halstheiles des Sympathicus enger werden, während die Pupille sich erweitert, so finde ich keine Veranlassung, ausserdem noch besondere radiäre Fasern anzunehmen. In § 45, bei Gelegenheit der Wirkungsweise des Atropins, gehe ich auf diese Frage näher ein.

2. Der Ciliarmuskel. — Dass das früher unter dem Namen *Ligamentum ciliare* bekannte Organ muskulöser Natur ist, haben meine verehrten Freunde Bowman und Brucke, unabhängig von einander, nachgewiesen. Die Fasern entstehen grossentheils von den äusseren Lagen (3) der Glasfasern, in welche sich die *Membrana Descemetii* (*D*) theilt, während die innersten Schichten dieser Fasern sich als *Ligamentum pectinatum* auf der Iris ausbreiten. Die Muskelfasern bilden feine Bündel, von denen die äussersten in langmaschigen Netzen der gebogenen Fläche der Sclerotica (*S*) parallel nach rückwärts ziehen, und in die verschiedenen Blätter der Chorioidea (*C*) übergehen. Nach innen (*6*) zu werden die Maschen des Netzwerkes allmählig kürzer und breiten sich schliesslich zum grössten Theile in circulärer Richtung aus, so dass die feinen Bündel hier mehr eine circuläre Richtung als eine Richtung von vorne nach hinten erhalten. Diese innerste Partie des Ciliarmuskels hängt da, wo der Ciliarkörper (*P*) von aussen nach innen umbiegt, mit dem Chorioidealgewebe zusammen. Wenn man ein Stück der gesammten Augenhäute herausschneidet und mit einer Pincette die ganze Breite des Irisstückes nahe ihrer Insertion fasst und rückwärts abzieht, so bleibt die innerste Partie (*6*) des Ciliarmuskels an der äusseren Fläche der Ciliarfortsätze hängen, während die äusserste Partie (*5*) auf der Sclerotica liegen, und in Verbindung mit den alleräussersten Schichten der Chorioidea, welche nicht mit abgezogen wurden, zurückbleibt. Auf diese Weise lässt sich der Muskel, wie in van Reeken's [1]) Dissertation beschrieben ist, in zwei Theile theilen. Das Netzwerk der feinen Bündel der innersten Partie besitzt, wie ebendaselbst angegeben ist, eine mehr circuläre Richtung. H. Müller [2]) hat dieselbe später als einen eigenen Muskel beschrieben, und hat sich dadurch das Verdienst erworben, die Aufmerksamkeit mehr auf diese innerste Partie gelenkt zu haben. Dass sie indessen nicht als ein eigener Muskel zu betrachten ist, ergibt sich deutlich aus dem oben beschriebenen allmähligen Uebergang aus einer Richtung in die andere.

3. Man hat noch andere Elemente des Säugethierauges für contractil gehalten, ohne jedoch dafür den Beweis geliefert zu haben. Max Langenbeck nahm die Existenz eines *Musculus compressor lentis* unmittelbar rings um die Linse an; doch ist es Anderen nicht gelungen, ihn aufzufinden. Nach Einwirkung von *Plumbum aceticum* und *Acidum aceticum* erhält (wie Nuhn gezeigt hat) die *Zonula Zinnii* (Fig. 9, 7) in sehr täuschender Weise das Ansehen, als wenn sie quergestreifte Primitivbündel enthielte. Aber der Versuch, ihre Contractilität nachzuweisen oder aus anderen Gründen die Gegenwart muskulöser Elemente in dieser Membran anzunehmen, ist erfolglos geblieben. In der Chorioidea hat Schweigger Zellen gefunden,

---

[1]) Ontleedkundig onderzoek van den toestel voor accommodatie van het oog. Utrecht, 1855.

[2]) Archiv f. O. IV. p. 1.

welche ganz das Ansehen von Ganglienzellen haben, und, wie es scheint, wirklich als solche betrachtet werden müssen, und Heinrich Müller scheint geneigt gewesen zu sein, der Chorioidea selbst Contractilität zuzuschreiben. Alle diese Ansichten sind indess noch problematisch.

Nach dieser Uebersicht scheint es nun sehr wahrscheinlich, dass mit Ausnahme der contractilen Elemente der Iris und des Ciliarmuskels keine anderen contractilen Elemente bei der Accommodation mit im Spiele sein können. In Uebereinstimmung damit glaubte Cramer, dass sich die Formveränderung der Linse durch die Wirkung der Iris erklären liesse; die gleichzeitige Contraction der circulären und radiären Fasern sollte einen Druck auf die Linse ausüben, und dadurch demjenigen Theile des Krystallkörpers, welcher der Pupille entspricht, grössere Convexität verleihen, sowie denselben zwingen, sich durch die Pupille nach vorne zu drängen. Die Pathologie hat jedoch nachgewiesen, dass die Iris keinen directen Antheil an der Accommodations-Veränderung der Linse hat. Sie kann an der Cornea fixirt sein, so dass zwischen Iris und Linse ein Zwischenraum bleibt; sie kann ohne Spannung im *Humor aqueus* flottiren, *Iridodenosis*; sie kann zum Theil durch Iridectomie entfernt sein; sie kann selbst vollständig fehlen, ohne dass die Accommodation wesentlich gestört ist. In einem ausserordentlich wichtigen Falle, wo bei einer Operation die ganze Iris herausgenommen wurde, constatirte v. Gräfe [1]) neuerdings genau, dass die in normaler Weise dem Alter des Patienten entsprechende Accommodationsbreite geblieben war, während die Veränderung des vorderen Spiegelbildes der Linse während der Accommodation zum Bewundern gut gesehen werden konnte. Wir sind desshalb berechtigt, der Iris jeden oder doch fast jeden Einfluss auf die Formveränderung der Linse während der Accommodation abzusprechen, und die Contraction der Pupille bei Accommodation für die Nähe einfach als associirte Bewegung aufzufassen. Wie ich vor Kurzem nachwies, tritt sie bei der Accommodation gewöhnlich auch etwas später ein.

Es bleibt desshalb nichts übrig, als dem Ciliarmuskel allein die wichtige Eigenschaft eines Accommodationsmuskels beizulegen. So weit sind wir *per exclusionem* gelangt. Der Mechanismus aber, durch welchen die Contraction dieses kleinen Muskels die Form der Linse verändert, ist — in so kleine Grenzen die Frage auch eingeschlossen zu sein scheint — bis jetzt noch nicht in hinreichend überzeugender Weise aufgehellt. Die begleitenden Veränderungen des Auges sind mit grosser Sorgfalt studirt worden; das Vorrücken der Pupillenebene und das Zurückweichen der Peripherie der Iris während der Accommodation für die Nähe; das Phosphen am Ende des Accommodationsvorganges (Czermak) u. s. w.; aber eine vollständige Lösung ist bisher noch nicht erreicht. Ich werde mich hier auf eine kurze Auseinandersetzung der Ansichten von Helmholtz, welche die meisten Anhänger zählt, und von H. Müller beschränken. Helmholtz hat durch Messungen während des Lebens gefunden, dass die Linse bei der Einstellung für die Ferne dünner ist, als man sie in der Leiche findet. Man hat gesagt, dass diese geringere Dicke abhängen könne

[1]) Archiv f. O. 7.

von einer Verlängerung der Linsenachse (Fig. 9 *L*) durch Anspannung des *Ligamentum suspensorium* (7), deren Vorhandensein während des Lebens in Folge des Druckes von Seite des *Corpus vitreum* nachgewiesen ist. Es steht ferner fest, dass nach dem Tode, wenn der Druck aufhört, die Spannung sich vermindert, und folglich die Linse dicker wird. Während des Lebens kann aber der Ciliarmuskel dasselbe zu Wege bringen. Es ist klar, dass bei der Contraction der äussersten Lagen des Ciliarmuskels ihr Anfang an den fibrösen Schichten (*3*) der *Membrana Descemetii* und ihr Ende an der Chorioidea (*C*), die beide elastisch sind, sich einander nähern müssen; damit übereinstimmend weicht die Iris (*I*), welche mittelbar mit dem vorderen Theile des Ciliarmuskels zusammenhängt, bei der Accommodation für die Nähe zurück, während der Ort der Insertion in die Chorioidea ein wenig vorwärts rücken wird. Mit dieser Insertion in die Chorioidea steht aber die *Zonula Zinnii* in Zusammenhang, und da nun die letztere gleichzeitig vorrückt, so nimmt ihre Spannung ab, und der Umfang des Linsenäquators wird kleiner, die Linse selbst wird in der Mitte dicker, und ihre beiden Oberflächen werden convexer. Helmholtz hält es für möglich, dass hierzu ein Druck von Seite der Iris beitragen möge, welcher die Aequatorialfläche der Linse nach vorne hinausbiege, und so die Wölbung der vorderen Fläche vermehre, die der hinteren vermindere.

H. Müller's Theorie gründet sich auf seine anatomischen Untersuchungen des Ciliarmuskels. Er unterscheidet, wie wir gesehen haben, einen Kreismuskel, der im Stande sein soll, einen Druck auf den Linsenrand auszuüben, und damit die Linse dicker zu machen, während er gleichzeitig die Peripherie der Iris nach rückwärts zieht. Ueberdiess legt er mit Helmholtz der Erschlaffung der *Zonula Zinnii* Wichtigkeit bei. Schliesslich sieht er in der Wirkung der äussersten Schichten des Ciliarmuskels ein Mittel, den Druck des Glaskörpers zu vermehren, die Linse nach vorne zu drängen, die vermehrte Wölbung der hinteren Fläche zu vermindern, und wegen des Widerstandes von Seite der gleichzeitig contrahirten Iris die Wölbung der vorderen Linsenfläche zu erhöhen.

Gegen beide Theorien habe ich Bedenken, die ich jedoch hier nicht weiter entwickeln will. Es wäre überdiess leicht, noch andere Hypothesen aufzustellen; auch dessen will ich mich enthalten. Ich scheue mich, dieses Werk des Charakters zu entkleiden, den ich ihm über Alles bewahren möchte — den Charakter der exacten Wissenschaft.

Anmerkung zu § 4.

Nur auf einen Punkt will ich hier noch die Aufmerksamkeit lenken, nämlich, dass in dem Falle von erworbener Aniridesis mit normaler Accommodationsbreite, den v. Graefe beschrieben hat, bei Accommodation für die Nähe keine Ortsveränderung der Ciliarfortsätze beobachtet wurde; dass überdiess die Möglichkeit eines directen Druckes von Seite des Ciliarmuskels auf den Rand der Linse gar keine Erwähnung geschieht, und dass endlich, obwohl die vermehrte Wölbung ihrer vorderen Fläche aus den Spiegelbildern nachgewiesen wurde, nicht gesagt wird, dass sich der Umfang der Linse verändert habe. Auch ich habe mich bei früheren Gelegenheiten nach Iridectomien, durch welche der Linsenrand sichtbar geworden war, vergeblich bemüht, mich von der Abnahme des Linsenumfanges bei Accom-

modation für die Nähe zu überzeugen. Jedenfalls ist sie bisher nicht direct beobachtet. Es leuchtet aber ein, dass, wenn sie fehlt, der Dickenzunahme in der Mitte, die mit Sicherheit nachgewiesen ist, eine Dickenabnahme der dem Aequator zunächst liegenden, seitlichen Theile Hand in Hand gehen müsste, und dass die gekrümmten Oberflächen eine unregelmässige Form annehmen würden, wobei es schwer sein möchte, das ziemlich genaue Sehvermögen in dem von v. Graefe beschriebenen Fall von Aniridesis, auch bei Accommodation für die Nähe, zu erklären. Die Frage, welche desshalb zunächst aufgeklärt werden muss, ist, ob wirklich der Umfang der Linse bei Accommodation für die Nähe merklich kleiner wird. Die Antwort wird grossen Einfluss auf die weitere Discussion haben.

Zusatz des Herausgebers.

Während die vorstehende Anmerkung im Druck war, publicirte der Herausgeber seine Arbeit „Ueber die Lage und Function der Ciliarfortsätze im lebenden Menschenauge“ (Wiener medizin. Jahrbücher 1863 u. 1864). In derselben werden Beobachtungen über das Verhalten der Ciliarfortsätze während der Accommodations-Veränderungen der Linse mitgetheilt, welche an menschlichen Albinos angestellt wurden, deren Iris so pigmentarm war, dass sie einen Einblick in das Innere des Auges gestattete. Es liess sich auf diese Weise constatiren: 1. Dass die Ciliarfortsätze ein mit der Weite der Pupille wechselndes Volumen haben, indem sie gegen die Sehachse vorrücken, wenn die Pupille sich beim Sehen in die Ferne oder auf Atropin erweitert, sich aber gegen den Ciliarkörper zurückziehen, wenn die Pupille sich bei Accommodations-Anspannung oder auf Calabarextract verengert. Die Ursache dieser Volumsveränderungen der Ciliarfortsätze erklärt sich zum Theil aus der Circulationshemmung, welche entstehen muss, sobald und so oft die Blutbahn in der Iris bei Contraction des Radiärmuskels sich verengert, zum Theil daraus, dass zu Folge der anatomischen Anordnung des Ciliarmuskels bei einer Contraction desselben die Arterien der Ciliarfortsätze und der Iris comprimirt werden, während die Venen dieser Theile so liegen, dass sie von Contractionen des Ciliarmuskels nicht beeinflusst werden. (Leber. Anatomische Untersuchungen über die Blutgefässe des menschlichen Auges. Wien. In Commission bei Gerold. 1865.) Stehen somit die Ciliarfortsätze nur in einem mittelbaren Zusammenhange mit den accommodativen Veränderungen der Linse, und sind sie vielmehr nur als ein regulatorischer Apparat für die Blutfülle der Iris aufzufassen, so erklärt sich die Thatsache, dass von Graefe in seinem Falle von Aniridesis keine Ortsveränderung der Ciliarfortsätze beobachtete, daraus, dass bei fehlender Iris das Spiel der Ciliarfortsätze nothwendig aufhören muss. — 2. Dass die Ciliarfortsätze niemals die Linse berühren, und daher ein directer Druck von Seite der Ciliarfortsätze auf die Linse bei der Accommodation niemals stattfinden kann. — 3. Auch die Formveränderung der Linse glaubt der Herausgeber beobachtet zu haben, indem er fand, dass bei Accommodation für die Nähe und bei Einlegen von Calabarpapier der schwarze Linsenrand breiter, bei Entspannung des Auges und Einträufeln von Atropinlösung schmäler wurde, was sich nur durch eine Abstumpfung und Zuschärfung des Linsenrandes erklären lässt. Die directe Beobachtung, dass der äquatoriale Durchmesser der Linse bei Accommodation für die Nähe kleiner werde, wird dadurch erschwert, dass gleichzeitig die Ciliarfortsätze mehr nach der Peripherie zu rücken.

§ 5. Accommodationsbreite.

Bei allen Untersuchungen über die Ursache und den Mechanismus der Accommodation scheinen die Beobachter nicht daran gedacht zu haben, die Breite der Accommodation unter verschiedenen Umständen zu bestimmen und einen einfachen numerischen Ausdruck für dieselbe zu suchen. Und doch besteht die Nothwendigkeit eines solchen für den Oculisten fast noch mehr, als für den Physiologen. Will man die Accommodation in Bezug auf die im Auge beobachteten Veränderungen, oder in verschie-

denen Lebenszeiten oder mit Rücksicht auf Myopie, Hypermetropie, Asthenopie, Strabismus, Parese u. s. w. untersuchen, so ist es augenscheinlich nothwendig, ein leicht vergleichbares Maass ihrer Grösse oder Breite zu besitzen.

Hätte man die Nothwendigkeit gefühlt, es würde nicht schwer gewesen sein, sich ein solches Maass zu verschaffen. Schon die Kenntniss der Entfernung R, des Fernpunktes des deutlichen Sehens, und der Entfernung P, des Nahpunktes, genügt. Mit der Kenntniss dieser beiden Entfernungen lässt sich die Accomodationsbreite $\frac{1}{A}$ durch eine sehr einfache Formel finden.

Die Formel heisst

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}.$$

Die Entfernungen P und R werden vom Nahpunkte p und dem Fernpunkte r bis zu dem circa 3‴ hinter der vorderen Hornhautfläche im Auge gelegenen vorderen Knotenpunkte k' gerechnet. Der letztere fällt nahezu mit dem zweiten Knotenpunkte k'' zusammen, so dass man hier beide als einen Punkt ansehen kann. Dieser Punkt entspricht aber wieder nahezu dem sogenannten optischen Mittelpunkte des Auges, und ist von sehr grosser Wichtigkeit. Die Strahlen nämlich, welche vor der Cornea nach diesem Knotenpunkte gerichtet sind, gehen im Glaskörper mit ihrer ursprünglichen Richtung parallel und auch beinahe nach demselben Punkte gerichtet weiter. Es lassen sich desshalb diese Strahlen als ungebrochen betrachten, wie Fig. 10 darstellt.

Fig. 10.

Der vom Punkte i' ausgehende Strahl $i'k''$ geht als $k''j'$ weiter, und da alle Strahlen, welche von i' ausgehen, sich in einem Punkte vereinigen, so muss diess dort stattfinden, wo sie zusammen den Strahl $k''j'$ treffen. Ist nun das Auge für ii' accommodirt, so tritt die Vereinigung in der Netzhaut ein, und das Bild des Punktes i' liegt dann in j'. In gleicher Weise liegt das Bild des Punktes i in j, da beide in der Achse AA' liegen. Mithin ist jj' das Bild von ii', und daraus folgt unmittelbar, dass sich ihre Grössen wie ihre Entfernungen vom Punkte k'' verhalten, wo die Strahlen ij und $i'j'$ sich kreuzen. Bezeichnen wir die Entfernung ik'' mit g' und die Entfernung jk'' mit g'', so verhalten sich im vollkommen accommodirten Auge die Grössen des Gegenstandes B und des Bildes β zu einander, wie $g' : g''$.

$$B : \beta = g' : g''.$$

Im normalen Auge beträgt g'' etwa 15^{mm}: wenn desshalb ein Gegenstand in 15^{m} Entfernung deutlich gesehen wird, so ist das Netzhautbild 1000 mal kleiner, als der Gegenstand, befindet sich aber der Gegenstand in 1.5^{m} Abstand, so ist das Netzhautbild $\frac{1500}{15} = 100$ mal kleiner. Daraus geht klar hervor, wie wichtig der hintere Knotenpunkt k'' ist. Verbinden wir die correspondirenden Punkte des Gegenstandes und des Bildes durch gerade Linien miteinander, so gehen diese sämmtlich gerade wie $i'j'$ durch den Punkt k'', und werden desshalb Richtungslinien genannt; der hintere Knotenpunkt k'' ist folglich der Kreuzungspunkt der Richtungslinien.

Die Bedeutung der Formel für die Accommodationsbreite

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$$

ist leicht verständlich. In dieser Formel ist A die Brennweite einer Linse, welche den von dem Nahpunkte p ausgehenden Strahlen eine Richtung gibt, als kämen sie vom Fernpunkte r. Im Zustande der Ruhe ist das Auge für die Entfernung $rk' = R$ (Fig. 11), bei der stärksten Accommodationsspannung für die Entfernung $pk' = P$ accommodirt. Im ersten

Fig. 11.

Falle werden die von r, im zweiten die von p divergirend ausfahrenden Strahlen auf der Netzhaut vereinigt. Bei der Accommodation muss desshalb das Auge so verändert werden, dass die von p ausgehenden Strahlen im Glaskörper dieselbe Richtung wie die von r ausgehenden im nicht accommodirten Auge annehmen. Diess lässt sich dadurch bewirken, dass man eine Hilfslinse in k' anbringt und sich das Auge fortdenkt, so dass die Hilfslinse in k' von Luft umgeben ist. Die Linse repräsentirt dann die Accommodation des Auges und ihre Stärke die Accommodationsbreite. Ihre Brennweite wird durch die erwähnte Formel gefunden;

$$\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A}.$$

Es folgt daraus, dass A die Brennweite der Hilfslinse ist, um welche sich das Auge bei der Accommodation verstärkt, und da die Stärke einer Linse ihrer Brennweite umgekehrt proportional ist, so drückt $\frac{1}{A}$ oder $1 : A$ die Accommodationsbreite aus. Es erscheint zweckmässig, den Werth von A in Pariser Zoll auszudrücken, zumal da die Brennweite

der Linsen und noch mehr der Brillen gewöhnlich in demselben Maasse angegeben wird. [1])

Es sei erlaubt, die Berechnung der Accommodationsbreite durch einige Beispiele zu erläutern:

Sei die Entfernung P des Nahpunktes $= 4''$, die des Fernpunktes $R = 12''$, so ist die Accommodationsbreite gleich

$$\frac{1}{4} - \frac{1}{12} = \frac{1}{6}.$$

Liegt der Fernpunkt in unendlicher Entfernung, $R = \infty$, der Nahpunkt in $5''$, so ist die Accommodationsbreite gleich

$$\frac{1}{5} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{5}.$$

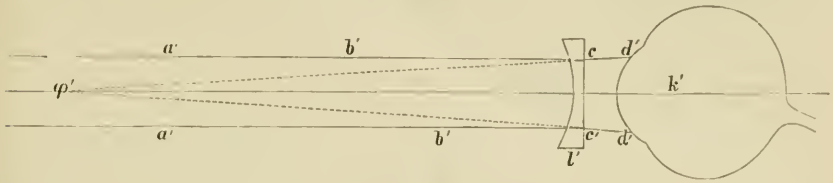
Im ersten Fall ist die Accommodationsbreite durch eine Hilfslinse von sechs, im letztern durch eine Linse von fünf Pariser Zoll ausgedrückt. Dieselbe Ausdrucksweise werde ich von jetzt an für alle Linsen anwenden. Die Stärke kann immer als umgekehrt proportional zur Brennweite F angenommen werden, und desshalb ihren Ausdruck in $1 : F$ finden. Ist die Brennweite negativ, so geht er in $-1 : F$ über. Gläser von $\frac{1}{10}$, von $-\frac{1}{8}$ u. s. w. bedeuten daher Gläser von zehn Pariser Zoll positiver, von acht Pariser Zoll negativer Brennweite u. s. w. Wir werden in der Folge auch sehen, dass sich der Grad der Refractionsanomalien auf gleiche Weise ausdrücken lässt, und folglich damit zugleich angegeben ist, durch welche Gläser sie neutralisirt werden.

Wir haben oben gesehen, dass die Accommodationsbreite in der Formel $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ enthalten ist. Wir müssen uns desshalb nach einer einfachen Methode umsehen, um die Punkte p und r mit einer für praktische Zwecke hinreichenden Genauigkeit zu bestimmen. Die Bestimmung von r wird bei nahezu parallelen Gesichtslinien vorgenommen, d. h. indem man mit beiden Augen einen Gegenstand von wenigstens 5^{m} (16 Fuss) Entfernung fixiren lässt. Wir wissen nämlich, dass, sobald die Gesichtslinien convergiren, der Accommodations-Apparat zur Thätigkeit angeregt wird, und dass desshalb der wahre Fernpunkt für total entspannte Accommodation bei convergenten Gesichtslinien nicht gefunden werden kann. Als Object kann man eine Anzahl verticaler schwarzer Linien, jede $2\frac{1}{2}^{mm}$ breit und 10^{mm} von einander entfernt, verwenden und prüfen, ob sie in der Entfernung von 5^{m} mit unbewaffnetem Auge vollkommen genau gesehen werden können, oder ob die Schärfe des Bildes sich durch Gläser erhöhen lässt. Erhält man durch Gläser keine Verbesserung, so liegt r in 5 Meter Entfernung, was hier als unendlich entfernt anzusehen ist. Bei vorhandener Kurzsichtigkeit sind Concavgläser mit negativer Brennweite erforderlich, um vollkommene Genauigkeit zu erhalten; in diesem Falle suchen wir das schwächste

[1]) Die von Paetz und Flohr in Berlin gelieferten Brillenkasten für Augenärzte sind nach Rheinländischen Zollen bestimmt; in Wien rechnet man nach Wiener, in England nach Englischen Zollen. Da 1 P. Z. = 1.06 E. Z. = 1.022 W. Z. = 1.0127 Rh. Z., so wird in Praxi selten eine Reduction nöthig.

Glas dieser Art, durch welches wir das möglichst scharfe Sehen erhalten. Mit dieser Bestimmung ist die Entfernung des Fernpunktes gefunden. Wenn nämlich (Fig. 12) parallele, aus grosser Entfernung kommende Strahlen ab und $a'b'$ auf eine concave Linse l fallen, so

Fig. 12.



sind sie nach der Brechung, als cd und $c'd'$ divergent, und kommen jetzt anscheinend vom Punkte φ'. Die Entfernung $\varphi' l$ ist die negative Brennweite F der Linse l. Bezeichnen wir nun die Entfernung lk' mit x, so ist klar, dass der Punkt φ', für welchen das kurzsichtige Auge bei parallelen Sehlinien accommodirt ist, in einer Entfernung $= F + x$ vor dem Punkte k' liegt. Folglich ist $R = F + x$. Wir wollen diess durch ein Beispiel erläutern. Bedarf ein kurzsichtiges Auge, um für die Ferne genau zu sehen, ein Glas von 15 Zoll negativer Brennweite ($F = -15$), einen Viertel Zoll vor der Cornea, d. h. einen halben Zoll vor dem Knotenpunkte k' im Auge ($x = \frac{1}{2}$) gehalten, so ist $R = F + x = 15\frac{1}{2}$ Zoll.

Anstatt der oben erwähnten schwarzen Linien kann man sich bei diesen Bestimmungen auch bestimmter Buchstaben und Zahlen bedienen. Lässt man diese laut nennen, so erhält man noch mehr objective Sicherheit darüber, mit welchem Glase sie genau gesehen werden. Ein scharfes Auge erkennt die — sub Fig. 13 — beigefügten Buchstaben bei guter

Fig. 13.

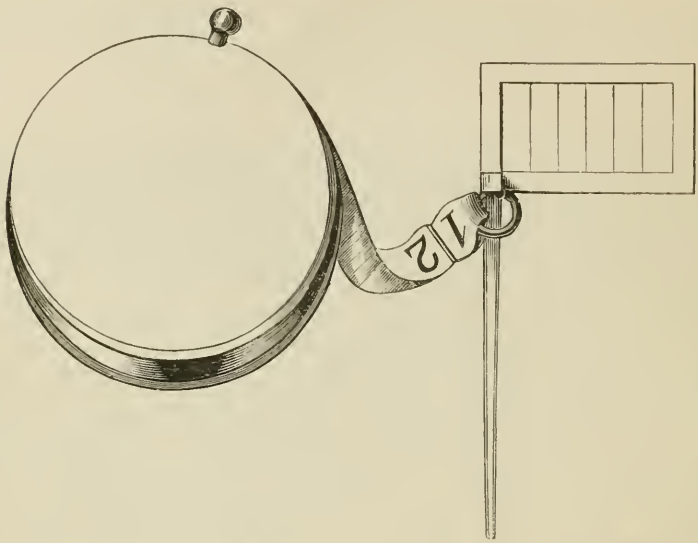
quale non
si dia una

Beleuchtung in einer Entfernung von etwa 20 Fuss. In Snellen's Schriftproben entspricht jede Nummer der Anzahl Fusse, in welcher ein scharfes Auge sie erkennt. Die Buchstaben in Fig. 13 entsprechen desshalb Snellen $N.XX$ Sie sind die untersten auf der diesem Werke angehängten Tabelle, auf welcher ausserdem noch XXX, XL, L, LXX, C und CC sich finden. Für praktische Zwecke bieten solche Versuche mit senkrechten Linien und Buchstaben hinreichend genaue Resultate. Wird eine sehr ge-

naue Bestimmung erfordert, so muss man einen kleinen Lichtpunkt anwenden, welcher bei der leichtesten Aenderung der Accommodation seine Form verändert. Darauf werde ich bei Gelegenheit des Astigmatismus weitläufiger zurückkommen.

Die Bestimmung des Nahpunktes wird mit Hilfe eines Stäbchenoptometers ausgeführt. Dieses besteht aus einem kleinen in Fig. 14

Fig. 14.



abgebildeten Rahmen, in welchem einige feine schwarze Drähte senkrecht ausgespannt sind, und mit welchem ein aufzurollendes Maass in Verbindung steht, dessen Scala am Rahmen beginnt, und dessen Spule an die Schläfe, in einer Linie mit der vorderen Corneafläche gehalten wird. Diese Rolle wird, während man den Rahmen vom Auge so weit entfernt, bis die senkrechten Drähte vollkommen scharf gesehen werden, abgewickelt. In der That lässt sich bei einem solchen Stäbchenoptometer hinreichend genau der Moment angeben, wenn die Drähte scharf gesehen werden, da ihre Ränder schon bei der geringsten Ortsveränderung ihre scharfen Contouren verlieren und doppelte Contouren auftreten. Die meisten untersuchten Leute finden diess sehr leicht heraus. Um das Resultat zu controliren, kann man das Lesen von Druckproben benutzen, welche ein scharfes Auge bei gehöriger Accommodation in gegebener Entfernung erkennen kann.

Die meisten Optometer beruhen auf dem Principe des bekannten Scheiner'schen Versuches. Man lässt einen Gegenstand, z. B. einen Draht, durch zwei Oeffnungen oder Schlitze (Spalten), welche näher als der Durchmesser der Pupille aneinander stehen, ansehen, dann erscheint er doppelt, wenn das Auge nicht genau für seine Entfernung accommodirt ist. Lassen wir nun irgend Jemanden in ein solches Optometer hineinsehen und bestimmen, wann er den Draht einfach sieht, so werden wir

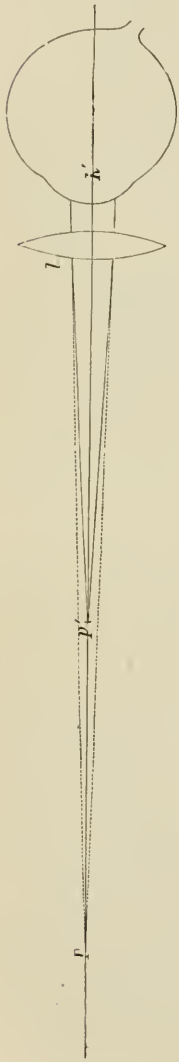
im Allgemeinen eine Entfernung erhalten, für welche die betreffende Person ihr Auge leicht accommodirt. Doch wird diese Entfernung weder dem Nahe-, noch dem Fernpunkt entsprechen. Man nennt diese Entfernung die mittlere deutliche Sehweite. Doch dürfen wir derselben nicht zu grosse Wichtigkeit beilegen, da eine solche mittlere Sehweite als eine constante Entfernung gar nicht existirt oder wenigstens einen sehr weiten Spielraum hat. Diess wird bald klar, wenn man, etwa mit Stampfer's Optometer, eine Reihe von Bestimmungen vornimmt. Dieselbe Person erhält, selbst unter ganz gleichen Umständen, niemals gleiche Resultate, und, wenn die Umstände wechseln, weichen die Resultate sehr bedeutend unter einander ab. Nur wenn Jemand gelernt hat, sein Accommodationsvermögen zu controliren, und es nach Willkür in den Zustand der höchsten Anspannung und vollständigen Entspannung zu versetzen, lässt sich vermittelst solcher Optometer nach einander der Fern- und Nahepunkt bestimmen. Das Resultat ist dann in der That etwas genauer, als bei der Bestimmung ohne Schlitz. Eine solche willkürliche Beherrschung des Accommodationsvermögens erlernt sich aber nur durch grosse Uebung. Gewöhnlich accommodirt man für seinen Fernpunkt nur dann, wenn man wirklich nach einem fernen Gegenstande sieht, und für seinen Nahpunkt nur dann, wenn man einen Gegenstand sehr genau betrachtet, der sich dem Auge nach und nach allmählig nähert, und dessen abnehmende Entfernung man fortwährend betrachtet und mit seiner Phantasie verfolgt. Indem man sich anstrengt, den Gegenstand so lange wie möglich genau zu sehen, wird in der That zur grösstmöglichen Anspannung das Accommodations-Vermögen angeregt. Ein solches sich dem Auge nähernde Object ist der oben beschriebene Rahmen, während bei der Anwendung des Optometers die Entfernung des Gegenstandes unbekannt ist, und desshalb kein Zwang auf das Accommodations-Vermögen ausgeübt wird, sich anzuspannen.

Ist bei Beobachtungen, die zur Lösung wissenschaftlicher Fragen angestellt werden, eine grössere Genauigkeit wünschenswerth, so bedient man sich mit Vortheil eines anderen Instrumentes, das ich bei Gelegenheit der relativen Accommodationsbreite beschreiben werde.

Ich habe schon auf die theilweise Abhängigkeit der Accommodation von der Convergenz der Sehlinien hingedeutet, die bei der Bestimmung des Nahpunktes nicht ausser Acht gelassen werden darf. Vom theoretischen Standpunkte aus möchte es darum geboten erscheinen, um vergleichbare Werthe zu erhalten, ebensogut, wie den Fernpunkt immer bei parallelen Sehlinien, den Nahpunkt immer bei demselben Convergenzwinkel zu bestimmen. Diess würde indess nicht nur grosse praktische Schwierigkeiten mit sich bringen, sondern auch ausserdem, wie ich später nachweisen werde, zu ganz unrichtigen Resultaten führen. Die einzige in dieser Beziehung erforderliche Bedingung ist die, dass in all den Fällen, wo der Nahpunkt weiter als 8″ vom Auge entfernt liegt, die Bestimmung mit solchen Convexgläsern gemacht werden sollte, durch welche der Nahpunkt dem Auge auf circa 8″ genähert wird. Dabei müsste dann berechnet werden, für welche Entfernung das Auge in diesen Zustand der Accommodation gebracht worden sein würde, wenn keine Convexgläser in Anwendung ge-

zogen wären. Die Rechnung bietet gar keine Schwierigkeiten dar. — Es sei x der Abstand der Convexlinse l von k' (Fig. 15), F die Brennweite dieser Linse, und P'' der Abstand zwischen p' und l. Die von p' ausgehenden Strahlen nehmen nach der Brechung durch die Linse l eine Richtung an, als kämen sie von p, und das Auge ist desshalb nicht für p', sondern für p accommodirt. Die Entfernung P'' vom Punkte p bis zur Linse wird nun gefunden durch die einfache Formel:

Fig. 15.



$$\frac{1}{P''} = \frac{1}{P'''} - \frac{1}{F},$$

und die Entfernung P des Nahpunktes ist $= P'' + x$.

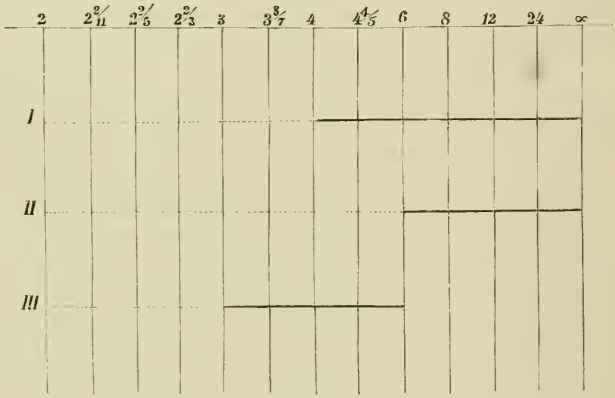
Ein Beispiel wird diess erläutern. Mit einer Linse von 12″ Brennweite ($F = 12$), $\frac{1}{2}$″ von k' ($x = \frac{1}{2}$″) entfernt, wird der Punkt p', $7\frac{1}{2}$″ vor der Linse gelegen, genau gesehen. Wir finden desshalb die Entfernung P,

$$\frac{1}{7\frac{1}{2}} - \frac{1}{12} = \frac{1}{20},$$

gleich 20″ vom Auge und P is demnach $= 20.5$″.

Zum Schlusse theile ich hier eine Methode mit, um die Accommodationsbreite durch die Länge von Linien auszudrücken, welche zu gleicher Zeit den Anfang und das Ende der Accommodationsbreite, d. h. die Nah- und Fernpunkte angeben. Am oberen Ende eines Systems von parallelen senkrechten Linien, die in gleicher Entfernung von einander gezogen sind (Fig. 16),

Fig. 16.



stehen Zahlen, welche die Entfernungen des deutlichen Sehens ausdrücken, und zwar in der Weise, dass der Abstand je zweier Linien überall eine gleiche Accommodationsbreite, etwa $\frac{1}{A} = \frac{1}{24}$, repräsentirt. Es ist augenscheinlich, dass in Fig. 16 die Unterschiede der

Entfernungen von Linie zu Linie jedesmal $\frac{1}{24}$ Accommodationsbreite beträgt, diess gilt von ∞ bis 24, von 24 bis 12, von 12 bis 8 u. s. w.; denn

$$\frac{1}{24} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{24}$$
$$\frac{1}{12} - \frac{1}{24} = \frac{1}{24}$$
$$\frac{1}{8} - \frac{1}{12} = \frac{1}{24} \text{ u. s. w.}$$

Jede einzelne Horizontallinie gibt nun unmittelbar die Ausdehnung und die Breite der Accommodation an. In Fig. 16 finden sich drei solcher Linien.

I. repräsentirt ein Auge, dessen Fernpunkt in ∞, dessen Nahpunkt in 4″ liegt. Seine Accommodationsbreite ist $\frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{4}$ und ist durch sechs Linien-Abstände, zu $\frac{1}{24}$ Accommodationsbreite, ausgedrückt, folglich $\frac{6}{24} = \frac{1}{4}$.

II. hat ebenso seinen Fernpunkt in ∞, seinen Nahpunkt aber in 6″. Seine Accommodationsbreite beträgt desshalb

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{6},$$

ausgedrückt durch $\frac{4}{24}$.

III. hat seinen Fernpunkt in 6″, ist also kurzsichtig, seinen Nahpunkt in 3″. Seine Accommodationsbreite ist

$$\frac{1}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6};$$

entsprechend dem Abstande von vier Linien $= \frac{4}{24} = \frac{1}{6}$.

Es ist nicht nöthig nachzuweisen, wie leicht auf diese Weise Beobachtungen registrirt werden können. Wir werden später noch mannigfache Gelegenheit haben diese Methode anzuwenden, um die verschiedenen Refractions- und Accommodations-Anomalien bildlich auszudrücken.

Anmerkung zum ersten Capitel.

ERSTER THEIL.

Dioptrik des Auges.

I. Literatur.

Um eine Vorstellung von der Nothwendigkeit der Accommodation zu geben, haben wir oben das Auge als eine einfache Linse mit positiver Brennweite betrachtet. Diese Annahme entsprach dem Zwecke. Will man aber in einige Fra-

gen der Refraction und Accommodation tiefer eindringen, so muss man sich eine genauere Kenntniss von dem dioptrischen Systeme des Auges verschaffen. Diese Kenntniss ist zunächst nothwendig, damit wir uns eine Vorstellung davon zu bilden vermögen, welche Accommodationsbreite einer bestimmten Veränderung der Linse entspricht, und wie eine jede Accommodationsbreite sich durch eine, dem Auge hinzugedachte Linse ausdrücken lässt. Auch wird diese Kenntniss uns später zum richtigen Verständnisse mehrerer anderer Fragen von grossem Vortheile sein.

Ich will desshalb versuchen in einfacher Weise eine genügende Darstellung von dem dioptrischen Systeme des Auges zu geben. Diejenigen Leser, welche mit höherer Mathematik vertraut sind, können behufs genauern Studiums die Werke folgender Autoren nachsehen: Moser. (Dove's Repertorium der Physik), welcher die theoretischen Untersuchungen Bessels (Astronomische Nachrichten XVIII., Nr. 415) auf das Auge anwendete; ferner Listing, welcher in seiner Dioptrik des Auges (Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bd. IV.) der von Gauss (Dioptrische Untersuchungen, Göttingen 1841) angegebenen Methode gefolgt ist, und endlich Helmholtz, welcher in seiner Physiologischen Optik (Karsten's Allgemeine Encyclopaedie der Physik, 1. Lieferung, Leipzig, 1858) durch eine einfachere Darstellung die ganze Theorie allgemeiner zugänglich gemacht hat.

II. Brechende Oberflächen im Auge.

Im Auge sind drei brechende Oberflächen, deren Krümmungen als sphärisch angenommen werden können, zu unterscheiden.

1. Die vordere Oberfläche der *Cornea*, die sich einem Ellipsoide mit dem Scheitel im Mittelpunkte der *Cornea* annähert. Der Radius am Hornhautscheitel, welcher die Brennweite bestimmt, beträgt im Mittel etwas weniger als 8 mm. Die geringe Dicke der *Cornea* und der fast vollkommene Parallelismus ihrer äussern und innern Oberfläche rechtfertigen, in Verbindung mit dem geringen Unterschiede im Brechungsvermögen der *Cornea* und des *Humor aqueus*, die Annahme, als erstrecke sich der *Humor aqueus* bis an die vordere Oberfläche der *Cornea* Für die *Cornea* und den *Humor aqueus* haben wir also nur eine brechende Oberfläche mit einem Krümmungshalbmesser von circa 8mm und einem Brechungsverhältniss von 1·3366, wie Brewster, oder von 1·3376, wie Listing für den *Humor aqueus* gefunden hat, anzunehmen.

2. Die vordere Oberfläche der Linse, 3·6mm hinter der vordern Hornhautoberfläche gelegen, mit einem Radius von circa 10 mm. Bei der Accommodation für die Nähe nähert sie sich der vordern Hornhautoberfläche bis auf 3·2mm, während sich gleichzeitig ihr Radius bis auf circa 6mm herabmindert.

3. Die hintere Oberfläche der Linse oder die vordere des Glaskörpers, in 7·2mm Abstand von der vorderen Hornhautoberfläche und mit einem Radius von 6mm bei Einstellung des Auges für die Ferne und von 5·5mm bei Accommodation für die Nähe.

Die Linse ist jedoch keine homogene Masse, sondern ist aus concentrischen Schichten zusammengesetzt, deren Brechungsverhältniss nach dem Centrum hin zunimmt. Ein Lichtstrahl wird also in der Linse selbst unzählige Mal von Schicht zu Schicht gebrochen. Doch lässt sich der Gang eines Strahles im Einzelnen nicht verfolgen. Wir können die Linse desshalb nicht anders, als aus gleichartiger Masse gebildet, ansehen, und es entsteht nun die Frage, welches Brechungsverhältniss dieser supponirten homogenen Linsensubstanz beizulegen sei. Lange Zeit nahmen die Physiologen ein Brechungsverhältniss an, welches dem Mittel aus dem Brechungsverhältnisse des Kerns und dem der Rindenschichte gleichkam, obwohl schon Young („On the Mechanism of the Eye", in den „Philosophical Transactions. 1801, vol. XCII" und in den „Miscellaneous Works of the late Thomas Young, ed. by G. Peacock; London 1855, vol. 1. p. 28 and 29") gezeigt hatte, dass in Folge des lamellösen Baues der Linse mit gegen das Centrum hin wachsendem Brechungsvermögen ein Verhältniss angenommen werden müsste, das selbst grösser sei, als das des Kerns. Später machte Senff (vide Volkmann's Artikel „Sehen" in Wagner's Handwörterbuch für Physiologie, Bd. III. Abth. I.),

dem in der Regel, jedoch mit Unrecht, die Ehre diess zuerst gethan zu haben, zugeschrieben wird, dieselbe Bemerkung. Die Sache ist von Wichtigkeit; denn nur dann, wenn man diesen höheren Brechungsindex, welcher von Listing auf 1·455 festgestellt wurde, in Rechnung zieht, kann man das Paradoxon vermeiden, dass in einem gut gebauten Auge der Brennpunkt parallel einfallender Strahlen hinter der Netzhaut zu liegen käme.

Wir wiederholen. Im dioptrischen Systeme des Auges sind drei brechende Oberflächen zu unterscheiden:

1. Die vordere Oberfläche der Hornhaut.
2. „ „ „ „ Linse.
3. „ „ „ des Glaskörpers.

Das Brechungsverhältniss des Glaskörpers ist so wenig von dem des *Humor aqueus* verschieden, dass wir sie als gleich betrachten können.

III. Cardinalpunkte. — Ihr Object.

In einem zusammengesetzten dioptrischen Systeme können wir der Brechung an den verschiedenen Oberflächen der Reihe nach folgen, indem wir jedesmal bestimmen, von oder zu welchem Punkte ursprünglich parallele Strahlen convergiren. Auf diese Weise finden wir schliesslich die Lage des Brennpunktes nach der letzten Brechung. Um aber den Vereinigungspunkt der Strahlen zu finden, welche auf die erste Oberfläche unter verschiedenen Graden der Convergenz oder Divergenz auffallen, und um die Grösse der dioptrischen Bilder zu finden, würde in jedem speciellen Falle eine besondere Rechnung nöthig sein.

Man hat desshalb eine besondere Methode angenommen. Man sucht nämlich für ein gegebenes System brechender Oberflächen gewisse fixe Punkte, die Cardinalpunkte genannt werden und deren Kenntniss genügt, um die Lage und die Grösse der Bilder gegebener Gegenstände zu construiren und zu berechnen. Die Bedingungen sind: 1. dass das System centrirt sei, d. h. dass die Krümmungscentren aller brechenden Oberflächen in einer geraden Linie, der Achse des Systems, liegen; 2. dass die einfallenden Strahlen nur einen kleinen Winkel mit der Achse bilden. Die erste Bedingung erscheint durch den Bau des Auges hinreichend erfüllt, der zweiten wird beim directen Sehen Genüge geleistet, d. h., wenn man nahezu in der Richtung der Gesichtslinie sieht.

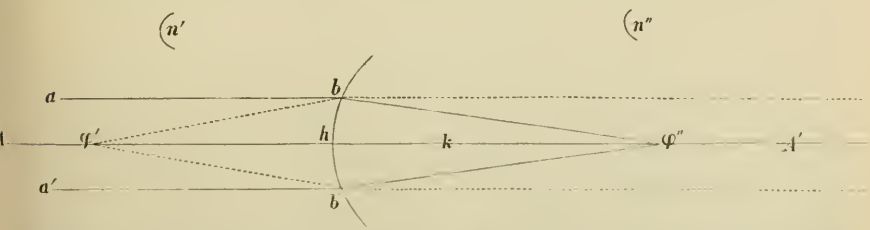
Die Lage und die Bedeutung der Cardinalpunkte wird am besten verstanden, wenn man sie studirt: *A.* Für eine einzige brechende Oberfläche; *B.* Für eine biconvexe Linse mit zwei brechenden Oberflächen; *C.* Für eine Combination dieser beiden zu einem zusammengesetzten Systeme, wie das Auge ist.

A. Brechung an einer sphärischen Oberfläche.

IV. Cardinalpunkte.

In Fig. 17 sei k der Mittelpunkt der sphärischen Oberfläche h, auf welche parallel mit der Achse AA' die Lichtstrahlen ab und $a'b'$ fallen, welche aus einem

Fig. 17.



Medium mit dem Index n' kommen und in ein Medium mit dem Index n'' übergehen. Ist $n'' > n'$, so vereinigen sich die Strahlen in der Achse nahezu in einem Punkte,

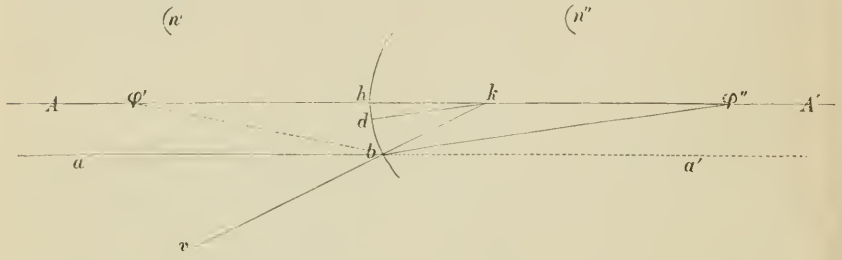
dem hintern Brennpunkte φ''. Die Entfernung $h\varphi''$ ist $= F''$, d. h. die hintere Brennweite wird durch die bekannte Formel $F'' = \frac{n''\rho}{n'' - n'}$ 1*a*

gefunden, in welcher $\rho = hk$ der Krümmungsradius der Oberfläche ist. Fallen auf dieselbe Oberfläche aber in der Richtung von A' zu A Strahlen, die im Medium mit dem Index n'' parallel zur Achse (sie sind in der Figur punktirt) verlaufen, so vereinigen sich diese ebenfalls nahezu in einem Punkte der Achse, dem vorderen Brennpunkte φ'. Die Entfernung $h\varphi' = F'$, die vordere Brennweite, wird gefunden durch die Formel $F' = \frac{n'\rho}{n'' - n'}$ . . . . . 1*b*.

Die Formeln 1*a* und 1*b* gelten nur für Strahlen, welche nahe der Achse verlaufen. Unter dieser Voraussetzung sind sie in sehr einfacher Weise abzuleiten.

In Figur 18 ist ab der einfallende Strahl, b der Einfallspunkt, kbv das Einfallsloth, $b\varphi''$ der zum Einfallslothe gebrochene Strahl, abv der Einfallswinkel $\alpha = bkh$ und desshalb zu *arc* hb gehörig; $\varphi''bk$ ist der Brechungswinkel β und,

Fig. 18.



wenn wir dk parallel zu $b\varphi''$ ziehen, so erhalten wir den Winkel bkd, der zu *arc* db gehört; und es ist $hkd = \gamma = \alpha - \beta$, der Ablenkungswinkel.

Es soll nun das Verhältniss sowohl der Brennweite $h\varphi'' = F''$, als $h\varphi' = F'$ zu dem Radius $hk = \rho$ gefunden werden.

Für kleine Segmente kann man hkd und $h\varphi''b$ als rechtwinklige Dreiecke ansehen. Sie sind in diesem Falle ähnlich und rechtwinklig bei h. Folglich ist

$$kh : \varphi''h = arc\ hd : arc\ hb$$
$$\rho : F'' = \alpha - \beta : \alpha$$

Für kleine Bogen kann man die Sinus substituiren, und die oben stehende Formel geht über in

$$F'' : \rho = \sin\alpha : \sin\alpha - \sin\beta.$$

Das Brechungsgesetz ist aber erfahrungsgemäss ausgedrückt durch die Gleichung

$$n' \sin\alpha = n'' \sin\beta.$$

Setzen wir nun den Werth von $\sin\alpha = \frac{n'' \sin\beta}{n'}$ in unsere Gleichung ein, so erhalten wir

$$F'' : \rho = n'' : n'' - n'$$
$$F'' = \frac{\rho n''}{n'' - n'}.$$

Das Verhältniss von F' zu F'' ist ferner leicht zu finden. Der Strahl $a'b$, in n'' parallel zur Achse, wird vom Einfallslothe bv entfernt und geht als $b\varphi'$ weiter. Bei dieser Ablenkung wird der Brechungswinkel $vb\varphi' = \beta'$ grösser, als der Einfallswinkel $\alpha' = \alpha$. Indess das Brechungsgesetz muss auch hier seine Giltigkeit haben, und die Proportionen bleiben desshalb dieselben, wie es ohne Weiteres in die Augen springt, wenn man $\varphi'b$ als einfallenden und ba' als gebrochenen Strahl betrachtet. Wir stossen dabei auf ein allgemeines Gesetz, von dem wir noch öfter Anwendung machen werden. Diess heisst: Wenn ein Strahl von einem Punkte ausgeht und durch ein optisches System so hindurchgeht, dass er zu einem zweiten Punkte

kommt, so wird vice versa ein Strahl, der von diesem zweiten Punkte ausgeht, zu dem ersten gelangen, wenn er genau denselben Weg in entgegengesetzter Richtung einhält.

So lange die Winkel sehr klein und desshalb ihren Sinus proportional sind, sind nach dem Brechungsgesetze die Ablenkungswinkel den Brechungswinkeln proportional, also

$$h\varphi' h : h\varphi'' h = vba : \varphi'' bk,$$

oder

$$\gamma' : \gamma = \alpha : \beta = n'' : n'.$$

Da nun

$$F' : F'' = \gamma' : \gamma,$$

so haben wir

$$F'' = F' \frac{n'}{n''} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{1c.}$$

und da

$$F' = \frac{\rho n''}{n'' - n'}; \text{ so ist } F'' = \frac{\rho n'}{n'' - n'},$$

$$F'' - F' = \rho \frac{n'' - n'}{n' - n'} = \rho,$$

$$F'' = F' + \rho \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{1d.}$$

Betrachten wir n' als Einheit, so ist n'' der Ausdruck für das relative Brechungsverhältniss in Bezug auf die Luft, und wir erhalten

$$F' = \frac{\rho}{n'' - 1}$$

$$F'' = \frac{\rho n''}{n'' - 1}.$$

So haben wir in der Achse vier Cardinalpunkte kennen gelernt: φ', den vordern Brennpunkt, h, den Durchschnittspunkt der sphärischen Oberfläche mit der Achse, k, den Krümmungsmittelpunkt, und φ'', den hintern Brennpunkt.

Aus den Entfernungen dieser Punkte von einander lassen sich folgende Werthe ableiten:

$h\varphi'$ die vordere Brennweite F'
$h\varphi''$ „ hintere „ F''.

Bezeichnen wir ferner

$k\varphi'$ mit G' und $k\varphi''$ mit G'',

so ist

$$G'' = F'' - \rho = F' \quad \ldots\ldots \text{2a,}$$

$$G' = F' + \rho = F'' \quad \ldots\ldots \text{2b,}$$

$$\frac{G''}{G'} = \frac{F'}{F''} = \frac{n'}{n''} \quad \ldots\ldots\ldots \text{2c,}$$

$$G' = G'' + \rho \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{2d.}$$

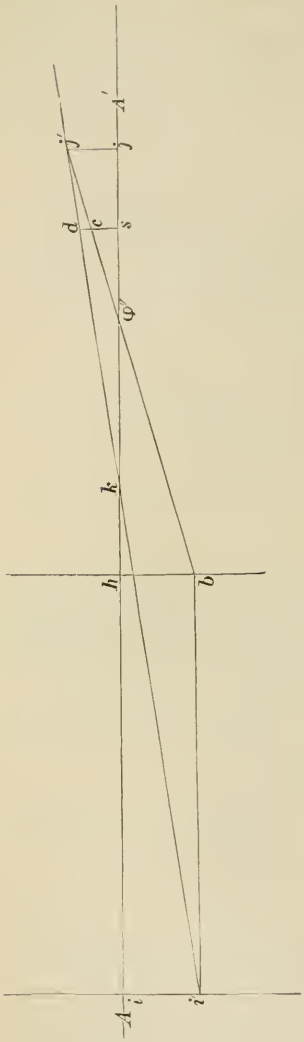
V. Conjugirte Brennpunkte und das Verhältniss zwischen der Grösse B des Objectes und der Grösse β des Bildes.

Nachdem wir diese Werthe festgestellt haben, können wir durch eine einfache Construction sowohl die conjugirten Brennpunkte, als das Verhältniss zwischen der Grösse des Objectes und seines Bildes, $B : \beta$, finden.

Es sei i' (Fig. 19) ein gegebener Lichtpunkt. Sein Bild soll gefunden werden.

Von i' gehen aus: 1. der Strahl $i'kj'$, welcher, nach k gerichtet, mit dem Einfallslothe zusammenfällt und ungebrochen durch die brechende Oberfläche durchgeht; 2. der Strahl $i'b$, welcher nach der Brechung durch φ'' geht, weil er zur Achse parallel ist. Alle Strahlen, die von i' ausgehen, vereinigen sich in einem Punkte. Desshalb ist dort, wo zwei von i' ausgehende Strahlen sich schneiden, der conjugirte Brennpunkt. Dieser Punkt ist j', und j' ist also das Bild des leuchtenden Punktes i'.

Fig. 19.



Die Punkte eines Gegenstandes, welche in einer zur Achse senkrechten Linie liegen, liegen auch im Bilde in einer zur Achse senkrechten Linie. Desshalb liegt das Bild des Punktes i in j, und Gegenstand $ii' = B$ hat ein Bild β, dessen Grösse $= jj'$ ist.

Es ist von Wichtigkeit, diesen letzten Satz zu beweisen. Von dem leuchtenden Punkte i' (Fig. 19) gehen, wie wir sehen, zwei Strahlen aus, deren Richtung wir kennen; die Strahlen $i'j'$ und $i'b\varphi''$, in deren Durchschnittspunkt j' das Bild von i' liegt. Um diess zu beweisen, errichten wir in einem willkürlich gewählten Punkte der Achse die Senkrechte sd, von welcher jedoch angenommen wird, dass sie die beiden Strahlen $i'j'$ und bj' schneidet. Dadurch erhalten wir zwei Paar ähnlicher Dreiecke, $\varphi''hb$, $\varphi''sc$ und kii', ksd; ausserdem ist noch $hb = ii'$. Die genannten Dreiecke geben uns folgende Proportionen:

$$\varphi''h : hb = \varphi''s : sc \text{ und}$$
$$ki : hb = ks : sd,$$

folglich, da $sc = \dfrac{hb \,.\, \varphi''s}{\varphi''h}$ und $sd = \dfrac{hb \,.\, ks}{ki}$,

sehen wir, dass $sc = sd$ sein wird, wenn

$$\frac{\varphi''s}{\varphi''h} = \frac{ks}{ki} \text{ ist.}$$

Augenscheinlich ist das aber der Fall, wenn der Punkt s nach j gerückt wird. Die Lage des Punktes j ist mithin bestimmt durch die Gleichung $\varphi''j : \varphi''h = kj : ki$.

An der in j errichteten Senkrechten haben wir $sc = sd$ und desshalb schneiden sich hier die durch k und durch φ'' gehenden Strahlen.

Diess ist der Fall für jeden Werth von hb oder ii', da dieser Werth in der Gleichung nicht vorkommt. Jeder Punkt der Senkrechten ii' hat desshalb sein Bild in der Senkrechten jj', *Q. E. D.*

In der obigen Figur ist

$$h\varphi'' = F'' = G'$$
$$k\varphi'' = G'' = F'.$$

Bezeichnen wir nun die conjugirten Brennweiten, von h gemessen, mit $hi = f'$ und $hj = f''$, von k gemessen mit $ki = g'$ und $kj = g''$, so erhalten wir statt

$$\varphi''j : \varphi''h = kj : ki \;.\;.\;.\;.\;. \; A$$

die Proportion

$$g'' - G'' : G' = g'' : g'$$

und daraus unmittelbar

$$g' = \frac{G'g''}{g'' - G''} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \; 3\,a$$

oder

$$g'g'' - g'G'' = G'g''$$
$$g'g'' - G'g'' = g'G''$$
$$g''(g' - G') = g'G''$$

$$g'' = \frac{G''g'}{g' - G'} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \; 3\,b$$

Statt der Proportion A kann man auch schreiben

$$f' - F'' : F'' = F' + f' - F'' : f + F'' - F',$$

woraus folgt

$$ff' - fF'' + f'F'' - F''F'' - f''F' + F'F'' = f'F'' - F''F'' + F'F''$$
$$ff'' - fF'' - f'F' = o$$
$$f(f' - F'') = f'F', f'(f'' - F') = fF''$$
$$f = \frac{f'F'}{f'' - F'} \ldots . 3c \qquad f' = \frac{fF''}{f'' - F'} \ldots 3d.$$

In derselben Figur finden wir noch zwei Paar ähnliche Dreiecke, ii'k, $kj'j$ und $hb\varphi''$, $\varphi''jj'$.

Diesen entnehmen wir zwei Proportionen, welche das Verhältniss zwischen der Grösse des Objectes und des Bildes ausdrücken, nämlich:

$$j'j : ii' = kj : ki \text{ oder } \beta : B = g'' : g' \ldots \ldots \ldots \ldots 4a$$

und

$$j'j : ii' = \varphi''j : \varphi''h \text{ oder } \beta : B = f' - F'' : F'' \ldots . 4b.$$

Die erstere haben wir oben in Fig. 10 angewendet, von der zweiten werden wir weiter unten vielfach Gebrauch machen.

VI. Anwendung auf das Auge.

Alles Vorgebrachte ist auf die Brechung der Strahlen durch die *Cornea* anwendbar. Wenn nämlich die Linse nicht vorhanden ist (Aphakie), so kommt man mit den eben entwickelten Formeln aus.

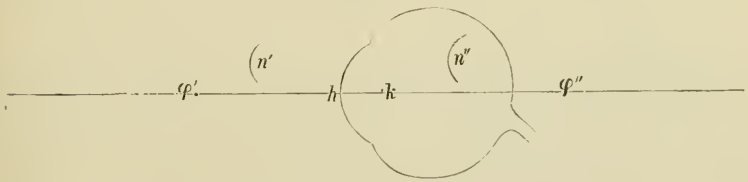
Der Hauptpunkt liegt in der vordern Oberfläche der *Cornea*, der Knotenpunkt 8 mm hinter ihrem Scheitel. Da der Radius der Hornhaut 8 mm (vergl. 1*a* und 1*b*) beträgt, so finden wir

$$F'' = \frac{8 \times 1{\cdot}3376}{1{\cdot}3376 - 1} = \frac{10{\cdot}7008}{0{\cdot}3376} = 31{\cdot}692 \text{ mm},$$

$$F' = \frac{8}{1{\cdot}3376 - 1} = \frac{8}{0\,3376} = 23{\cdot}692 \text{ mm}.$$

Damit sind auch $G' = F''$ und $G'' = F'$ gegeben (vergl. 2*a* und 2*d*). Fig. 20 zeigt die Lage der Hauptpunkte in einem solchen Auge.

Fig. 20.



Im gesunden Auge ist mit diesem System die Brechung durch eine biconvexe Linse combinirt. Wir suchen desshalb jetzt die Hauptpunkte einer solchen Linse auf.

B. Brechung durch eine biconvexe Linse.

VII. Mit Ausnahme des Achsenstrahles werden alle Strahlen in einer Linse gebrochen.

Es ist oben gezeigt worden, wie durch die Bestimmung von vier Cardinalpunkten die Lage sowohl, wie die Grösse dioptrischer Bilder, die durch eine brechende Oberfläche entworfen werden, construirt und berechnet werden können. Es fragt sich jetzt, ob sich auch für ein aus mehreren brechenden Oberflächen zusammen-

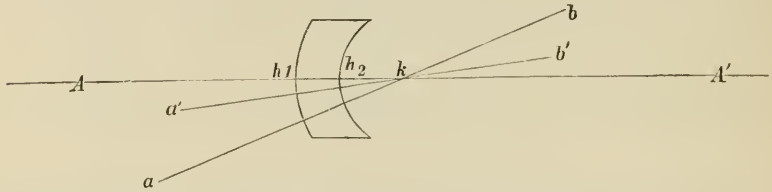
gesetztes System solche Punkte finden lassen, und ob wir in gleicher Weise von denselben für die Bestimmung der Grösse und Lage dioptrischer Bilder Gebrauch machen können.

Im Auge haben wir eine biconvexe Linse, welche ebenso wie jede andere Linse zwei brechende Oberflächen besitzt. Das ist der Grund, weshalb wir die Frage speciell mit Rücksicht auf eine biconvexe Linse prüfen wollen.

Besitzt eine Linse einen Knotenpunkt in dem Sinne, dass alle Strahlen, welche nach ihm gerichtet sind, ungebrochen hindurchgehen?

Eine Linse besitzt einen solchen Punkt nur dann, wenn die Knotenpunkte beider Oberflächen, d. i. ihre Krümmungsmittelpunkte, zusammenfallen. Diess findet nur bei einer Linse statt, welche die Form von Fig. 21 hat; die beiden

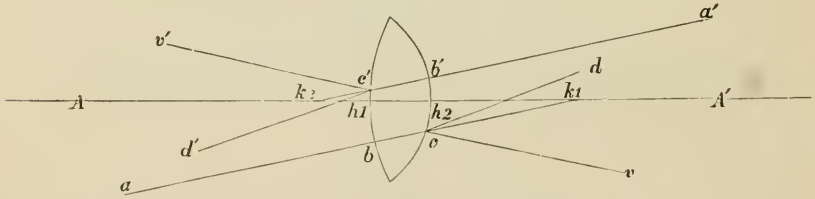
Fig. 21.



Krümmungsoberflächen sind h_1 und h_2, vom Punkte k aus beschrieben, und jeder Strahl, der nach diesem Punkte gerichtet ist, wie ab und $a'b'$, fällt desshalb sowohl an der vordern, wie an der hintern Oberfläche mit einem Radius zusammen. Eine solche Linse ist nicht biconvex, sondern convex-concav, und hat eine negative Brennweite.

Bei jeder andern Form der Linse wird jeder Strahl, mit Ausnahme des Achsenstrahls, gebrochen, wie sich leicht zeigen lässt. In Fig. 22 ist k_1 das

Fig. 22.



Krümmungscentrum der vordern Oberfläche h_1, und k_2 das der hintern Oberfläche h_2. Wenn nun der Strahl ab auf den Punkt k_1 gerichtet ist, so wird er an der Oberfläche h_1 nicht gebrochen, in c angelangt wird er aber vom Einfallsloth cv abgelenkt und geht in der Richtung cd weiter. Dasselbe gilt vom Strahle $a'b'$, welcher, nach k_2 gerichtet, bei b' ungebrochen hindurchgeht, bei c' aber vom Einfallslothe $c'v'$ sich entfernt und als $c'd'$ weitergeht. Jeder Strahl also, welcher an der einen Oberfläche nicht gebrochen wird, wird schliesslich an der andern von seiner Richtung abgelenkt; und alle Strahlen, welche im Innern der Linse nicht entweder nach k_1 oder k_2 gerichtet sind, werden an beiden Oberflächen gebrochen.

In einer Linse gibt es also im Sinne des Knotenpunktes einer einfachen brechenden Oberfläche keinen Knotenpunkt mit der Eigenschaft, dass alle auf ihn gerichteten Strahlen die Linse ungebrochen passiren.

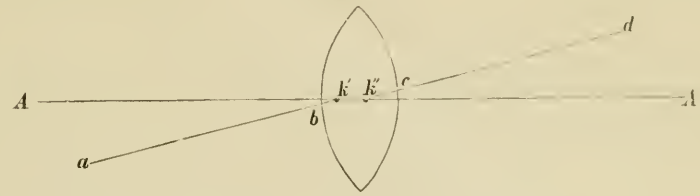
VIII. Jede Linse hat zwei Knotenpunkte k' und k'', die sich durch Construction und durch Rechnung finden lassen.

Für jede Linse können zwei Punkte k' und k'' bestimmt werden, welche zu einander in dem Verhältniss stehen, dass jeder Strahl, welcher vor der ersten

Brechung nach k'' gerichtet war, nach der zweiten Brechung so weitergeht, als käme er von k'' und gleichzeitig mit seiner ursprünglichen Richtung parallel ist.

Diese Punkte sind die Knotenpunkte der Linse; der erste heisse k', der zweite k'' (Fig. 23.) der Strahl $a\,b$, der vor der ersten Brechung nach k' gerichtet

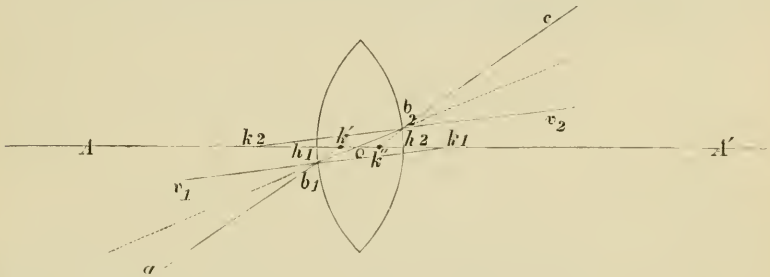
Fig. 23.



war, scheint nach der zweiten Brechung als cd von k'' auszugehen, wobei cd parallel mit $a\,b$ ist. Die Punkte k' und k'' sind für jede Linse sowohl durch Rechnung als durch Construction leicht zu finden.

Sei k_1 (Fig. 24) das Krümmungscentrum der Oberfläche h_1, k_2 das der Ober-

Fig 24.



fläche h_2. Ziehen wir eine beliebige Normale $k_2\,v_2$ auf die Oberfläche h_2 und parallel mit ihr die Normale $k_1\,v_1$ auf die Oberfläche h_1. Nehmen wir weiter an, dass in der Linse ein Lichtstrahl von b_1 nach b_2 geht, so sind die Winkel, welche dieser Strahl mit den beiden parallelen Senkrechten bildet, einander gleich.

Sind die Winkel gleich, so sind die Ablenkungen, welche der Strahl $b_1\,b_2$ bei b_1 und b_2 erleidet, auch gleich; und da sie nach entgegengesetzten Richtungen hin geschehen, so ist $b_2\,c$ parallel $a\,b_1$. Die Punkte k' und k'', nach welchen $a\,b_1$ und $c\,b_2$ (resp. vor und nach der Brechung) gerichtet sind, sind mithin die Knotenpunkte der Linse.

Um die Lage dieser Knotenpunkte zu berechnen, suchen wir zunächst den Punkt o, in welchem der Strahl $b_1\,b_2$ die Achse schneidet; sind die Radien $k_1\,b_1 = \rho_1$ und $k_2\,b_2 = \rho_2$ einander parallel, so sind $k_1\,b_1\,h_1$ und $k_2\,b_2\,h_2$ ähnliche Dreiecke. Folglich

$$\rho_1 : h_1\,b_1 = \rho_2 : h_2\,b_2.$$

Da überdiess auch $h_1\,b_1\,o$ und $h_2\,b_2\,o$ ähnliche Dreiecke sind und desshalb

$$h_1\,b_1 : h_1\,o = h_2\,b_2 : h_2\,o,$$

so ist

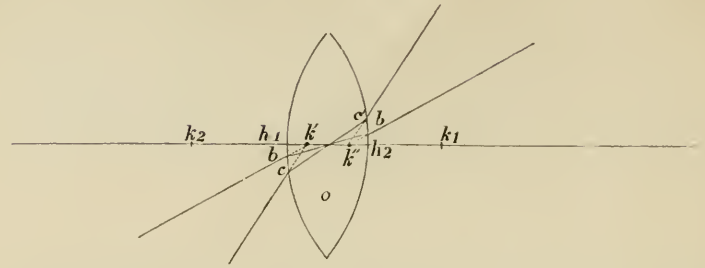
$$\rho_1 : h_1\,o = \rho_2 : h_2\,o;$$

oder in Worten, die Entfernungen von h_1 und h_2 nach o sind den Krümmungshalbmessern ρ_1 und ρ_2 der brechenden Oberflächen h_1 und h_2 proportional. Sind die beiden Krümmungsradien gleich, so liegt mithin o in der Mitte zwischen h_1 und h_2.

Nachdem der Punkt o bestimmt ist, lassen sich k' und k'' leicht durch Rechnung finden. In der That sind sie die Punkte, nach welchen die Strahlen, welche in der Linse durch o gehen oder von o ausgehen, ausserhalb der Linse gerichtet sind. — In andern Worten, sie sind die Bilder von o.

Alle von o ausgehenden Strahlen, (Fig. 25), wie $o\,b$ und $o\,c$, sind nach der

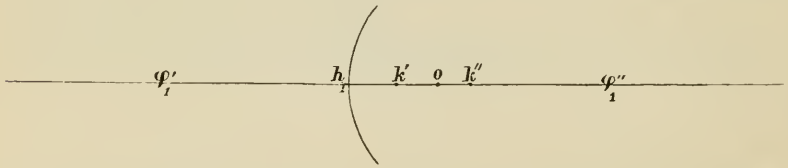
Fig. 25.



Brechung an der vorderen Oberfläche h_1 nach k', die Strahlen $o\,b'$ und $o\,c'$ nach k'' gerichtet. Folglich sind k' und o conjugirte Brennpunkte in Bezug auf die Brechung an der Oberfläche h_1; k'' und o ebenso für die Oberfläche h_2. Beide sind nach der Formel *3 c* zu berechnen. Es genügt desshalb diese Formel auf eine der beiden Oberflächen anzuwenden.

Für die vordere Oberfläche der Linse (Fig. 26) ist $h_1\,\varphi_1' = F'$, $h_1\,\varphi_1'' = F''$

Fig. 26.

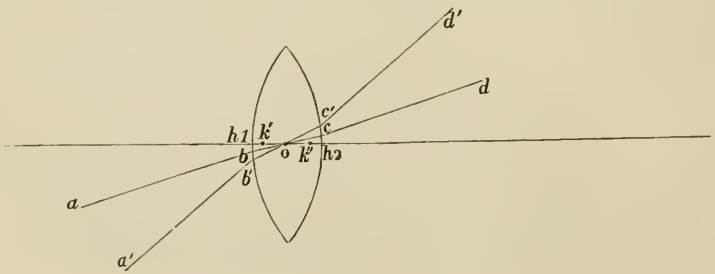


und $h_1\,o = f''$. Für $h_1\,k' = f'$ finden wir nun $f' = \frac{F'\,f''}{F''-f''}$. In dieser Formel ist $f'' - F''$ verändert in $F'' - f''$, weil der leuchtende Punkt o zwischen h_1 und φ_1'' (vergl. Fig. 26) liegt und k' somit ein virtuelles Bild ist. In gleicher Weise wird k'' für die Oberfläche h_2 in Fig. 25 gefunden.

Wir haben k' und k'' die Bilder von o genannt. Sie sind es in der That. Denn gäbe es in der Linse in o (Fig. 25) einen leuchtenden Punkt, so würde er durch die vordere Oberfläche der Linse h_1 gesehen, in k', durch die hintere Oberfläche h_2 in k'' zu liegen scheinen.

Wenn also die von o (Fig. 27) ausgehenden Strahlen nach der Brechung an

Fig. 27.



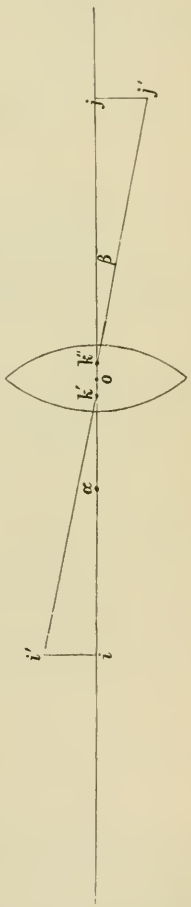
der vordern Oberfläche h_1 in b und b', als $b\,a$ und $b'\,a'$, nach k', nach der Brechung an der hinteren Oberfläche h_2, aber als $c\,d$ und $c'\,d'$, nach k'' gerichtet sind, so gehen die Strahlen $a\,b$ und $a'\,b'$, welche vor der ersten Brechung nach k' gerichtet sind, innerhalb der Linse durch o, und scheinen nach der zweiten Brechung als $c\,d$ und $c'\,d'$, von k'' zu kommen, wobei überdiess $c\,d$ parallel zu $a\,b$ und $c'\,d'$ parallel zu $a'\,b'$ ist. Die gefundenen Punkte k' und k'' entsprechen also der oben gegebenen Definition der Knotenpunkte.

IX. Anwendung der Knotenpunkte.

Von diesen Knotenpunkten können wir dieselbe Anwendung machen, wie von dem einfachen Knotenpunkte (optischer Mittelpunkt) einer einzigen brechenden Oberfläche (vergl. Fig. 10); mit dem Unterschiede, dass wir zwischen einem Punkte i' (Fig. 28) und seinem Bilde j' zwei Richtungsstrahlen zu unterscheiden haben; den ersten, nämlich $i'\,k'$, und den zweiten, nämlich $k''\,j'$. Jedoch sind diese einander parallel, und die Winkel α und β desshalb einander gleich. Das Bild $j\,j'$ wird mithin von k'' unter demselben Winkel gesehen, unter dem sich der Gegenstand $i\,i'$ von k' darbietet. Das Grössenverhältniss des Objektes $i\,i' = B$ und des Bildes $j\,j' = \beta$ ist desshalb ausgedrückt durch die Proportion

$$\beta : B = j\,k'' : i\,k'.$$

Fig. 28.



Liegt der Gegenstand in grosser Entfernung von der Linse, so kann man $i\,k' = i\,k''$ setzen; und die Formel geht dann über in

$$\beta : B = j\,k'' : i\,k'',$$

in welcher der hintere Knotenpunkt als einziger Knotenpunkt vorkommt, und wir es nur mit einer einzigen Richtung zu thun haben.

X. Optisches Centrum.

Der Punkt o ist (Fig. 28 und 25) unter der Bezeichnung optisches Centrum bekannt. Gewöhnlich nimmt man an, dass die nach diesem optischen Mittelpunkte hin gerichteten Strahlen ungebrochen durch die Linse gehen, und man zieht dann die Formel

$$\beta : B = j\,o : i\,o$$

in Anwendung. Wir haben jedoch schon gesehen, dass diess nicht ganz correct ist.

Für dünne Linsen mit grosser Brennweite giebt diese Methode allerdings nicht zu bemerkenswerthen Fehlern Veranlassung. Für dicke Linsen aber mit kurzer Brennweite wird der Fehler beträchtlich, und es müssen beide Knotenpunkte in Rechnung gezogen werden.

Wenn entweder das Objekt oder das Bild unendlich weit oder wenigstens in sehr grossem Abstand von der Linse liegt, so kann man auch für solche Linsen einen Knotenpunkt annehmen, und zwar den auf Seite der kürzeren conjugirten Brennweite gelegenen (vergl. IX) — in keinem Falle aber das optische Centrum.

XI. Jede Linse hat zwei Hauptpunkte, h' und h''.

So wie eine Linse zwei Knotenpunkte hat, hat sie auch zwei Hauptpunkte. Wenn es sich nur um eine brechende Oberfläche handelt, so ist der gebrochene Strahl nach demselben Punkte gerichtet wie der einfallende, und von diesem Punkte, in dem die Brechung stattfindet, rechnen wir sowohl die Hauptbrennweite, als die conjugirten Brennweiten. Der Hauptpunkt liegt dann in der Krümmungsoberfläche. Handelt

es sich um mehr als eine brechende Oberfläche, so ist der Strahl nach der letzten Brechung augenscheinlich nicht mehr nach dem Punkte hingerichtet, wo er seine erste Brechung erlitt. Indess lassen sich zwei zur Achse senkrechte Ebenen finden, die in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, dass die Strahlen vor der ersten und nach der letzten Brechung auf genau correspondirende Punkte dieser beiden Ebenen gerichtet sind. In der That ist diess erreicht, wenn die beiden Ebenen Bilder von einander sind, d. h. gleiche Grösse haben und auf derselben Seite der Achse liegen. Die beiden Ebenen, welche diese Bedingung erfüllen, sind die Hauptebenen, und da, wo sie von der Achse geschnitten werden, liegen die Hauptpunkte. Vom ersten Hauptpunkte h' wird die vordere, von dem zweiten h'' die hintere Brennweite gerechnet.

XII. Methode, die Hauptpunkte zu finden.

Um die Hauptebenen zu finden, müssen wir in dem Systeme, z. B. in einer Linse bestimmen, in welcher Lage ein Objekt sich befinden muss, um auf beiden Seiten einander ähnliche Bilder zu entwerfen, diese sind dann auch Bilder von einander und repräsentiren desshalb die Hauptebenen.

Man sieht unmittelbar, dass in einer biconvexen Linse der gesuchte Ort zwischen den beiden brechenden Oberflächen, also innerhalb der Linse, liegen muss. Die Grösse der virtuellen Bilder, die durch jede der beiden Oberflächen von einem so gelegenen Objekte entworfen werden, finden wir durch Formel (4 *b*)

$$\beta : B = F'' - f'' : F''.$$

Dabei wird jede Oberfläche für sich, d. h. so betrachtet, als wäre die andere gar nicht vorhanden. —

Sei nun in Fig. 29 $h_2\ \varphi_2'' = F_2''$ die hintere Brennweite der Oberfläche h_2 in Glas für parallel in der Richtung $A'\ A$ auf h_2 fallende Strahlen, $h_1\ \varphi_1'' = F_1''$ die Brennweite der Oberfläche h_1, ebenfalls in Glas. Befindet sich nun ein Gegenstand in s, so ist $s h_2 = f_2'$ und $s h_1 = f_1''$. Da aber die Bilder gleich gross sein sollen, so müssen wir, da

$$\beta : B = F_2'' - f_2'' : F_2'' \text{ und } \beta : B = F_1'' - f_1'' : F_1''$$

ist, die Formel $\qquad f_2'' : F_2'' = f_1'' : F_1'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (b)$

erhalten, welche angibt, dass, um den Punkt s zu finden, $h_1\ h_2$ proportional den Brennweiten $h_2\ \varphi_2'' = F_2''$ und $h_1\ \varphi_1'' = F_1''$ getheilt werden muss.

Die Richtigkeit dieses Resultates ergiebt sich unmittelbar durch die Construction (vergl. Fig. 30). Dabei wird jede Oberfläche ohne Rücksicht auf die andere betrachtet.

Der von φ_1'' nach s' gezogene Strahl wird, da er vom zweiten Brennpunkte von h_1 ausgeht, bei b parallel zur Achse, als $b\ a$, und ebenso der von φ_2'' nach s' gezogene bei b' als $b'\ a'$ austreten. Die Abstände von b und b' bis zur Achse geben uns also die Grösse der Bilder der Linie $s\ s'$ an und diese $b\ h_1$ und $b'\ h_2$ als senkrecht zur Achse angenommen sind gleich gross, wenn $h_1\ h_2$ proportional den Brennweiten getheilt ist. Denn, da $\varphi_2''\ s'$ und $\varphi_1''\ s'$ proportional zu b' und b verlängert sind, so werden sie desshalb in b' und b wieder zu der gleichen Höhe über der Achse angekommen sein, gerade so wie es in s' der Fall war.

Kennen wir nun die Lage des Punktes s, so finden wir die Lage seiner Bilder durch dieselbe Formel *3c*

$$f = \frac{F'\ f'}{F' - f'},$$

nach welcher die Lage der Knotenpunkte von o aus bestimmt wurde (vergl. VIII).

XIII. Bedeutung der Hauptebenen.

Die Bedeutung der Hauptebenen ist die, dass jeder Strahl, z. B. $a\ b\ c\ d$ (Fig. 31) nach der zweiten Brechung als $c\ d$ nach einem Punkte der Ebene $h''\ h''$ gerichtet ist, welcher eben so weit von der Achse entfernt ist, wie derjenige Punkt der Ebene $h'\ h'$, auf welchen der Strahl $a\ b$ vor der ersten Brechung gerichtet war. Dass diess der Fall sein muss, wird klar, wenn wir sehen, dass der erste Strahl innerhalb der Linse durch s' geht, und uns daran erinnern, dass alle durch s' gehenden Strahlen auf der einen Seite der Linse von c' und auf der andern Seite von c'' zu kommen scheinen.

Fig. 29.

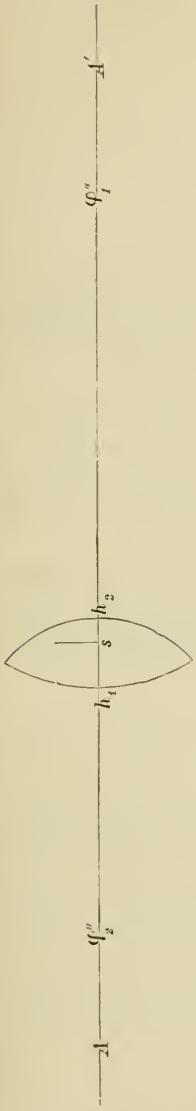


Fig. 30.

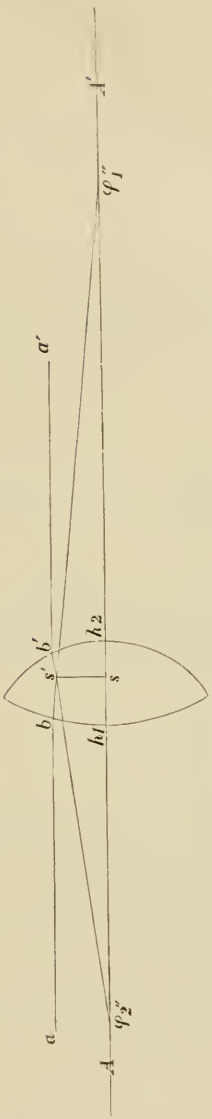
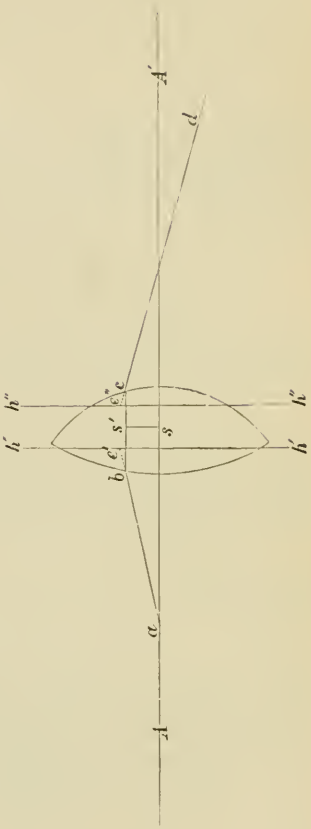


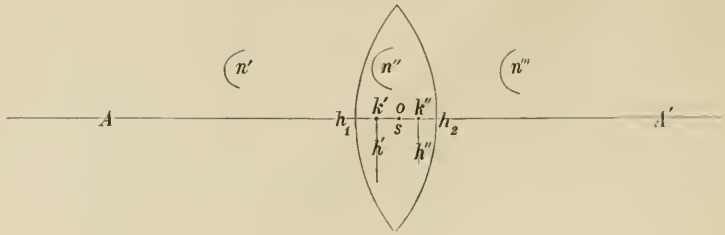
Fig. 31.



XIV. Wenn die Haupt- und Knotenpunkte zusammenfallen.

In einer auf beiden Seiten von demselben Medium, z. B. von Luft ($n' = n'''$) umgebenen Linse fallen s und o zusammen und desshalb fallen auch h' mit k' und h'' mit k'' (Fig. 32) zusammen. Der Punkt s nämlich wird dadurch gefunden, dass die Linsenachse proportional der Entfernung der Brennpunkte von den Haupt-

Fig. 32.



punkten, der Punkt o aber dadurch, dass dieselbe Achse im Verhältniss der Krümmungshalbmesser beider Oberflächen getheilt wird. Da nun die Brennweiten den Krümmungshalbmessern proportional sind, so trifft die Theilung der Achse in beiden Fällen denselben Punkt, und s und o fallen zusammen. Dasselbe muss aber auch mit ihren resp. Bildern, k' und k'' und h' und h'', der Fall sein.

XV. Wenn die Haupt- und Knotenpunkte nicht zusammenfallen.

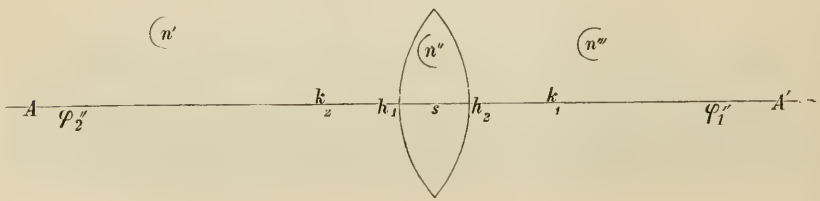
Ist dagegen eine Linse nicht auf beiden Seiten von einem Medium mit gleichem Brechungsverhältnisse ($n' \gtrless n'''$) umgeben, so fallen s und o nicht mehr zusammen und auch die Bilder k' und k'' (von o) fallen desshalb nicht mehr mit den Bildern h' und h'' (von s) zusammen.

Für die Hauptpunkte findet, auch wenn $n' \gtrless n'''$ ist, noch die benützte Formel ihre Anwendung; s liegt immer in dem Punkte von h_1 $h_2 = D$ (Linsendicke), wo dieselbe im Verhältniss zu den Hauptbrennweiten geschnitten wird. In diesem Falle nämlich sind, wie ein Blick auf Fig. 30 augenblicklich zeigt, die zwei Bilder von s s' fortwährend von gleicher Grösse.

Im Verhältnisse nun, als $\frac{n''}{n'''}$ kleiner wird, wird die zweite Brennweite $h_2\,\varphi_2''$ der Oberfläche h_2 grösser und s tritt mehr und mehr an h_1 heran, dessen Brennweite $h_1\,\varphi_1''$ unverändert bleibt. Und schliesslich, wenn $\frac{n''}{n'''} = 1$ wird, so ist $h_2\,\varphi_2''$ unendlich gross und s liegt desshalb in h_1. Dann werden nicht mehr zwei Bilder von s entworfen, sondern s fällt mit seinem Bilde im Punkte h_1 zusammen; die Linse ist in eine brechende Oberfläche übergegangen, von der ich in IV nachgewiesen habe, wie ihre Cardinalpunkte zu finden sind.

Während nun mit dem Wachsen von n''' der Punkt s sich nach h_1 bewegt, rückt der Punkt o in entgegengesetzter Richtung nach h_2. Diess folgt schon daraus, dass, wenn $\frac{n''}{n'''} = 1$ geworden und folglich nur eine einzige brechende Oberfläche mehr vorhanden ist, s in der Krümmungsfläche h_1 selbst, und o im Gegentheil im Krümmungsmittelpunkte k_1 (Fig. 33, vergl. auch Fig 17) zu liegen kommt.

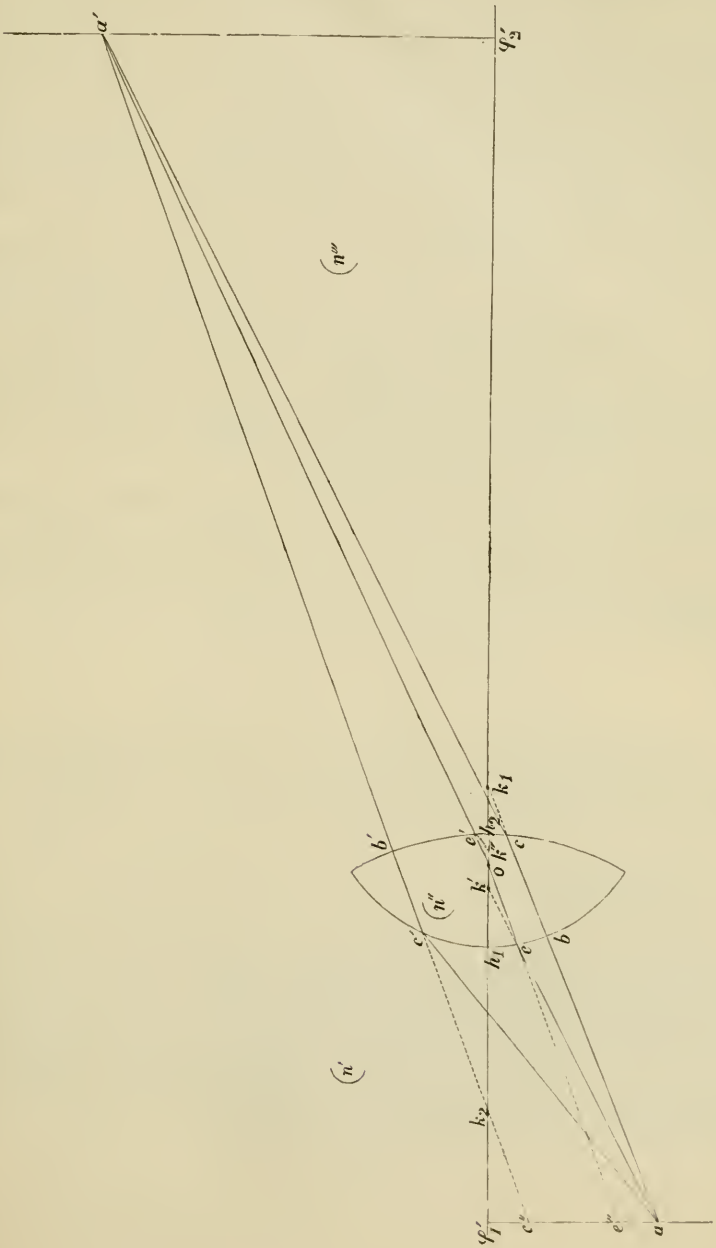
Fig. 33



Doch muss diess etwas genauer nachgewiesen und zu gleicher Zeit gezeigt werden, wie die Lage von o auch in diesem Falle zu finden ist.

In Fig 34 ist $\frac{n''}{n'''}$ viel kleiner, als $\frac{n''}{n'}$, wie daraus hervorgeht, dass die Brenn-

Fig. 34.



weite von Strahlen, welche innerhalb der Linse parallel sind und an der hintern Oberfläche gebrochen werden, $h_2\ \varphi'_2 = F'_2$, dreimal so gross ist, wie die Brennweite derselben Strahlen, an der vordern Oberfläche gebrochen, $h_1\ \varphi'_1 = F'_1$, während der Krümmungsradius $h_2\ k_2$ nur anderthalbmal grösser als $h_1\ k_1$ ist.

Ziehen wir von dem in der Brennebene von h_1 gelegenen Punkte a einen Strahl $a\ b\ c$ in der Richtung auf k_1, so dringt dieser ungebrochen durch die Oberfläche h_1 bis c. Ziehen wir überdiess einen zweiten Strahl $c'\ b'$ innerhalb der Linse und nach k_2 gerichtet, und verlängern ihn bis nach a' in der Brennebene von h_2, so haben wir in der Linse zwei parallele Strahlen $b\ c$ und $b'\ c'$. Alle innerhalb der Linse parallel verlaufenden Strahlen vereinigen sich in jeder Brennebene in einem Punkte, woraus folgt, dass $a\ b\ c$ bei c gebrochen wird und als $c\ a'$ weitergeht, während $a'\ b'\ c'$ bei c' gebrochen in der Richtung $c'\ a$ austritt. Es ergibt sich also nun, dass einerseits der Strahl $c\ b$ die Fläche h_1 ungebrochen passirt, der Strahl $b'\ c'$ dagegen eine Ablenkung $= c'\ a\ b = \gamma_1$ erleidet; und dass andererseits an der Fläche h_2 der Strahl $c'\ b'$ ungebrochen durchgehe, aber $b\ c$ eine Ablenkung $= c\ a'\ b' = \gamma_2$ erleidet.

Nun wächst die Ablenkung der mit $b\ c$ parallelen Strahlen an der Oberfläche h_1 zwischen b und c', stetig von Null bis γ_1, und an der Oberfläche h_2 zwischen b' und c von Null bis γ_2. Zwischen $b\ c$ und $b'\ c'$ liegt mithin ein mit beiden paralleler Strahl, welcher an beiden Seiten, an der Oberfläche h_1 und h_2 in gleichem Maasse abgelenkt wird. Es ist klar, dass wir diesen Strahl gefunden haben, wenn $a\ c$ parallel $a'\ e'$, oder mit andern Worten, wenn der Winkel $e\ a\ b$ gleich $e'\ a'\ b'$ ist. Zu diesem Zwecke wollen wir die Dreiecke $a\ b\ e$ und $a'\ b'\ e'$ ins Auge fassen. In diesen ist Seite $a\ b$ parallel $a'\ b'$, Seite $a\ e$ parallel $a'\ e'$ und endlich Seite $b\ e$ parallel $b'\ e'$, weil beide senkrecht auf der Achse stehen. Die Dreiecke sind desshalb ähnlich und mithin

$$b\ e : b'\ e' = a\ b : a'\ b',$$

weil aber $a\ b$ denselben Winkel mit $h_1\ \varphi'$, bildet, wie $a'\ b'$ mit $h_2\ \varphi_2'$, so können wir schreiben

$$b\ e : b'\ e' = h_1\ \varphi'_1 : h_2\ \varphi'_2 = F'_1 : F'_2.$$

Endlich, weil die drei Linien $a'\ b'\ c'\ c''$, $e'\ o\ e\ e''$ und $k_1\ c\ b\ a$ einander parallel sind, so ist

$$k_1\ o : k_2\ o = e''\ a : c''\ e'',$$

und da

$$e''\ a = e\ b \text{ und } c''\ e'' = b'\ e',$$

so ist

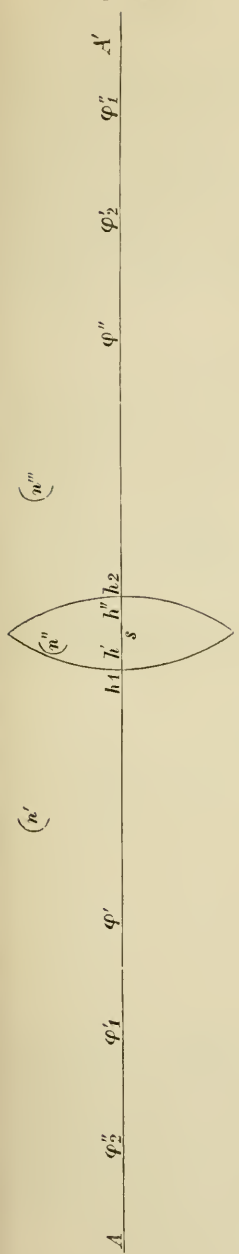
$$k_1\ o : k_2\ o = b\ e : b'\ e' = F'_1 : F'_2.$$

Der Punkt o wird also gefunden, wenn man die Entfernung $k_1\ k_2$ zwischen den Krümmungscentren der beiden brechenden Oberflächen in zwei Theile theilt, die sich wie $F'_1 : F'_2$ verhalten, oder (vergl. *2b* und *2d*) wie die Brennweiten G_1'' und G_2'' in Bezug auf k_1 und k_2.

Dieser Ausdruck ist allgemeiner; denn er ist auf alle Fälle und mithin auch auf den Fall anwendbar, wenn $n''' = n'$ ist, wofür oben (VIII) schon ein anderer Ausdruck gefunden wurde.

Wenn nun der Punkt o bekannt ist, so kann die Lage der beiden Knotenpunkte k' und k'', der Bilder von o (so gut wie die beiden Hauptpunkte h' und h'', der Bilder von s) nach der Formel *3 c* berechnet werden, wie unter VIII auseinander gesetzt ist. Durch Construction sind aber k' und k'' schon in Fig. 34 bestimmt. Der vordere Knotenpunkt k' liegt nämlich da, wo der in gerader (punktirter) Richtung verlängerte Strahl $a\ e$ die Achse schneiden, der hintere Knotenpunkt da, wo der Strahl $e'\ a'$ die Achse treffen würde. Jeder Strahl, welcher vor der ersten Brechung auf k' gerichtet ist, ist nach der ersten Brechung auf o und nach der zweiten auf k'' gerichtet und wird dadurch wieder mit seiner ursprünglichen Richtung parallel.

Fig. 35.



XVI. Brennpunkte.

Es bleibt noch übrig die Brennpunkte einer Linse zu definiren (Fig. 35). Dazu müssen die Dicke der Linse, $h_1\ h_2 = D$, und die Brennweiten der beiden Oberflächen für sich bekannt sein.

Die Brennpunkte der Oberfläche h_1 liegen in φ'_1 und φ''_1; die von h_2 in φ'_2 und φ''_2. Wir wollen die Brennweiten $h_1\ \varphi'_1$ und $h_1\ \varphi''_1$ mit F'_1 und F_1'' bezeichnen, die Brennweiten $h_2\ \varphi'_2$ und $h_2\ \varphi''_2$ aber F'_2 und F''_2 nennen.

Man findet sie nach den Formeln 1*a* und 1*b*. Strahlen, welche in der Richtung AA' parallel zur Achse einfallen, werden an der Oberfläche h_1 nach dem Punkt φ''_1 zu gebrochen. Wenn sie an der Oberfläche h_2 ankommen, so ist ihre Brennweite $h_2\ \varphi''_1 = F''_1 - D$. Hier erleiden sie wieder eine Brechung an einer Oberfläche mit den Brennweiten F'_2 und F''_2. Sie werden sich desshalb in φ'' vereinigen, und $h_2\ \varphi''$ lässt sich nach der Formel 3*d* finden.

Die zweite Hauptbrennweite, welche vom zweiten Hauptpunkte h'' an gerechnet wird, ist nun

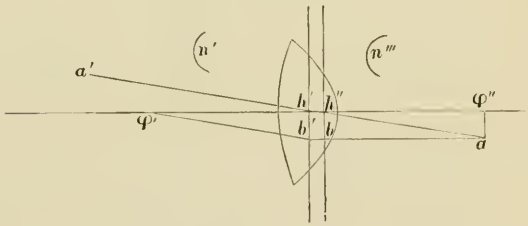
$$F'' = h_2\ \varphi'' + h_2\ h''.$$

Auf dieselbe Weise finden wir $h_1\ \varphi'$, indem wir zur Achse parallele Strahlen in der Richtung $A'\ A$ auf h_2 fallen und dieselben eine zweite Brechung an der Fläche h_1 erleiden lassen. Ueberdiess ist $F' = h_1\ \varphi' + h_1\ h'$.

Sind das erste und letzte Medium einander gleich, $n''' = n'$, dann ist $F' = F''$, und brauchen also nicht jeder für sich bestimmt zu werden. Der Beweis dafür ist einfach.

Sei $h''\ \varphi'' = F''$ (Fig. 36) gefunden, und gehen von dem in der hintern Brennebene gelegenen Punkte a zwei Strahlen aus; so ist der erste $a\,h''$, nach dem Knoten-

Fig. 36.



punkte gerichtet, an der andern Seite der Linse im Medium (n' als $h'\ a'$ mit $a\,h''$ parallel, und der zweite $a\,b\,b'$, der von demselben Punkte a ausgeht, muss in (n' parallel mit $a'\,h'$ sein, und da er in (n''' der Achse parallel ist, so muss er in (n' die Achse im vorderen Brennpunkt φ' schneiden.

Da in den Dreiecken $a\,h''\ b$ und $\varphi'\ b'\ h'$ augenscheinlich $h'\ \varphi'$ parallel $a\ b$ und $b'\ \varphi'$ parallel $a\,h''$ und überdiess $h''\ b = h'\ b'$ ist, so sind die beiden Dreiecke gleich und ähnlich und $h'\ \varphi' = h''\ \varphi''$, d. i. $F' = F''$.

XVII. Gegenseitige Abhängigkeit der Lage der Haupt- und Knotenpunkte mit Rücksicht auf die Brennpunkte.

In XIV und XV habe ich gezeigt, wie man, wenn $n''' \gtrless n'$ ist, und desshalb die Haupt- und Knotenpunkte nicht zusammenfallen, diese Punkte unabhängig von einander finden kann. Diess geschah, um die Bedeutung dieser Punkte klar auseinanderzusetzen und den Beweis zu liefern, dass auch in einem zusammengesetzten dioptrischen Systeme Punkte mit der schon entwickelten Bedeutung der Haupt- und Knotenpunkte gefunden werden können. Jetzt können wir von dieser ihrer Bedeutung ausgehen, um die gegenseitige Abhängigkeit ihrer Lage nachzuweisen, woraus sich ergeben wird, dass, wenn die Brennpunkte bekannt sind, aus der Lage der Knotenpunkte die der Hauptpunkte und umgekehrt hergeleitet werden kann.

Erinnern wir uns, dass für eine einzige brechende Oberfläche, für die es nur einen Haupt- und nur einen Knotenpunkt gibt (Fig. 17),

$$k\,\varphi'' = h\,\varphi'$$
$$F' = F''\frac{n'}{n''} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1c$$
$$F'' = F' + \rho \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1d.$$

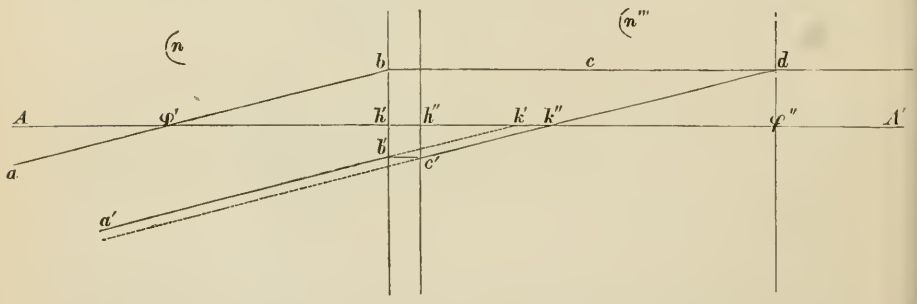
Damit in Uebereinstimmung will ich nun nachweisen, dass in einem zusammengesetzten dioptrischen Systeme

$$h'\,\varphi' = k''\,\varphi'', \text{ d. i. } F' = G'' \quad . \quad . \quad . \quad 5a$$
$$h'\,h'' = k'\,k'' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5c$$
$$h''\,\varphi'' = k'\,\varphi', \text{ d. i. } F'' = G' \quad . \quad . \quad . \quad 5b$$
$$F'' = F'\frac{n_m}{n'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5d$$

Zuerst soll bewiesen werden, dass $h'\,\varphi' = k''\,\varphi''$.

Der Strahl $a\,b$ (Fig. 37), der die Achse im vordern Brennpunkte φ' schneidet, trifft die erste Hauptebene in b und geht dann in (n''' als cd parallel mit der

Fig. 37.



Achse weiter. Alle Strahlen, welche in (n' parallel mit $a\,b$ laufen, vereinigen sich mit $a\,b$ in demselben Punkte d der hintern Brennebene. Umgekehrt ist desshalb jeder von d ausgehende Strahl in (n' parallel mit $a\,b$.

Einer dieser Strahlen, nämlich dc', ist in (n''' schon mit $a\,b$ parallel und muss desshalb als $b'\,a'$ in (n' parallel mit $a\,b$, also auch mit sich selbst fortlaufen. Die charakteristische Eigenschaft der Knotenpunkte ist nun aber, dass Strahlen, welche in (n''' nach k'' gerichtet sind, in (n' nach k' gerichtet und mit sich selbst parallel verlaufen, folglich liegt k'' da, wo dc' die Achse schneidet, und der Punkt der Achse, nach welchem $a'\,b'$ gerichtet ist, ist k'. Daraus ergibt sich unmittelbar, dass die Dreiecke $\varphi'\,b\,h'$ und $k''\,d\,\varphi''$ gleich und ähnlich sind und mithin

$$k''\,\varphi'' = h'\,\varphi', \text{ d. i. } G'' = F' \quad . \; . \; 5a, \; Q.\; E.\; D.$$

Zugleich folgt aus der Construction, dass

$$k' k'' = h' h''.$$

Denn $k' k''$ $b' c'$ ist ein Parallelogramm und $b' c'$ $h' h''$ ein Rechteck, mithin

$$h' h'' = b' c' = k' k'' \ldots . 5c.$$

Wenn aber $k' k'' = h' h''$, so folgt daraus weiter, dass

$$h' k' = h'' k'',$$

und da

$$k' \varphi' = h' k' + h' \varphi',$$

$$h'' \varphi'' = h'' k'' + k'' \varphi'',$$

so ist $k' \varphi' = h'' \varphi''$, d. i. $G' = F'' \ldots 5b.$

Ueberdiess sehen wir, dass φ', h' und k' in Bezug auf die Richtung der Strahlen im Mittel (n', φ'', h'' und k'' in Bezug auf die Richtung der Strahlen im Mittel (n''' zusammen gehören.

XVIII. Die Hauptbrennweiten sind den Brechungscoefficienten des ersten und des letzten Mittels proportional.

Um diesen wichtigen Satz zu beweisen, müssen wir auf ein wohlbekanntes Gesetz zurückgehen, welches die Bildgrösse von der Divergenz der Strahlen abhängig macht, unabhängig von der Lage und der Brennweite der brechenden Oberfläche.

Sei in Fig. 38 i ein Punkt, j sein Bild und h die brechende Kugeloberfläche, so ist $ih = f'$ und $hj = f''$. Für kleine Winkel kann hb als senkrecht angenommen werden, und wenn diese Senkrechte kurz ist, so sind die gegenüberliegenden Winkel $hib = \alpha$ und $hjb = \alpha'$ umgekehrt proportional zu ihrer Entfernung von hb; mithin

$$f' \alpha = f'' \alpha' \ldots A$$

Ueberdiess wissen wir, dass

$$\frac{F''}{F'} = \frac{n''}{n'} \text{ und } \frac{\beta}{B} = \frac{f' - F'}{F''} \ldots 2c \text{ und } 4b.$$

Durch Multiplication beider erhalten wir

$$\frac{\beta}{B} \cdot \frac{n''}{n'} = \frac{F''}{F'} \cdot \frac{f' - F'}{F''} = \frac{f' - F'}{F'}.$$

Da nun aus 3 c ersichtlich, dass

$$\frac{f'}{f} = \frac{f' - F'}{F'},$$

so ist

$$\frac{f'}{f} = \frac{\beta}{B} \cdot \frac{n''}{n'}.$$

Setzen wir diesen Werth in die Gleichung A, so erhalten wir

$$B n' \alpha = \beta n'' \alpha' \ldots . 6a,$$

welche Formel das oben erwähnte Gesetz ausdrückt.

Betrachten wir nun ein zusammengesetztes dioptrisches System (Fig. 39), in welchem das Object, $ii' = B$, an Grösse seinem Bilde, $jj' = \beta$, gleich ist. Um diess zu construiren, setzen wir zuerst die Knotenpunkte $k' k''$ und ziehen dann die Linie $i' k'$ und mit ihr parallel und gleich lang $k'' j'$. In einiger Entfernung von $k' k''$ bezeichnen wir dann $h' h'' = k' k''$. Alle von i' ausgehenden Strahlen vereinigen sich in seinem Bilde j'; einer dieser Strahlen, nämlich $i' b$, der von i' parallel zur Achse verläuft, gibt die Lage des hintern Hauptbrennpunktes φ'' an, und da $b h'' = i' i = j j'$, so sind die Dreiecke $h'' \varphi'' b$ und $j \varphi'' j'$ congruent, mithin $h'' \varphi'' = \varphi'' j$ oder $h'' \varphi'' = \frac{1}{2} h'' j$, d. i. $F'' = \frac{1}{2} f''$.

Auf gleiche Weise bezeichnet der von j' parallel mit der Achse verlaufende Strahl $j' b'$ durch seinen Durchschnittspunkt mit der Achse die Lage des vordern

Fig. 38.

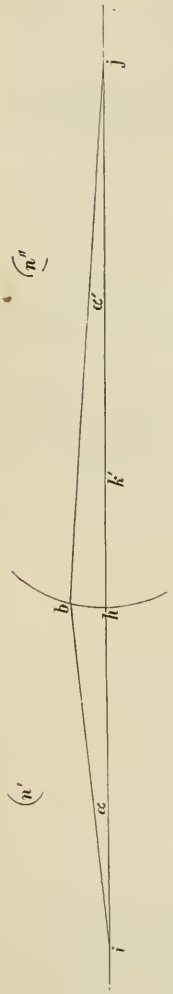


Fig. 39.

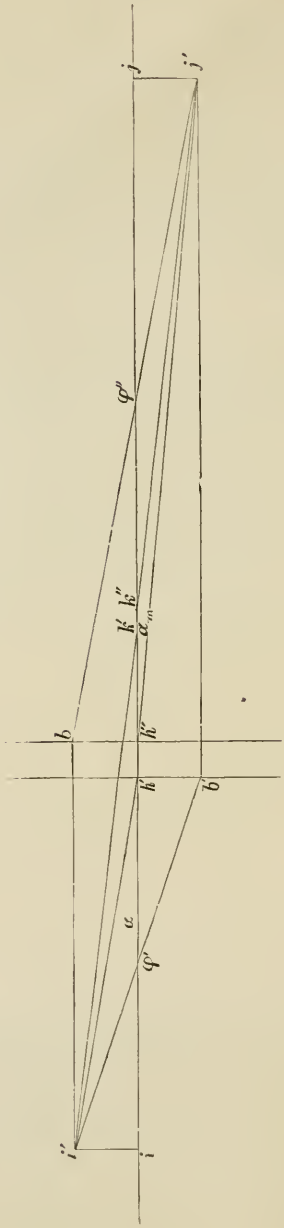


Fig. 40.

Brennpunktes φ'; und daraus lässt sich folgern, dass $h' \varphi' = \frac{1}{2} h' i$, d. i.

$$F' = \frac{1}{2} f'.$$

Betrachten wir jetzt den Strahl, welcher in der Richtung $i' h'$ von i' ausgeht und in der Richtung $h'' j'$ in j' ankommt, auf dem Wege aber, durch verschiedene brechende Flächen von seinem Wege abgelenkt, ebenso oft eine andere unbekannte Richtung angenommen hat. Wir kennen nur den Winkel $i' h' i = \alpha$, welchen er vor der ersten Brechung im Medium (n', und den Winkel $j h'' j' = \alpha_m$, welchen er nach der letzten Brechung im Medium (n_m mit der Achse einschliesst.

Erstens ist $$\frac{\alpha}{\alpha_m} = \frac{F''}{F'}.$$

Denn da $i i' = j j'$, so sind die einander gegenüberliegenden kleinen Winkel umgekehrt proportional ihrer Entfernung von $i i'$ oder $j j'$. Folglich

$$\frac{\alpha}{\alpha_m} = \frac{jh''}{ih'} = \frac{f''}{f'};$$

und da, wie angenommen war,

$$F' = \frac{1}{2} f' \text{ und } F'' = \frac{1}{2} f'',$$

so ist $$\frac{F''}{F'} = \frac{f''}{f'} \text{ und } \frac{\alpha}{\alpha_m} = \frac{F''}{F'}.$$

Zweitens lässt sich beweisen, dass

$$\frac{\alpha}{\alpha_m} = \frac{n'}{n_m}.$$

Nennen wir die Winkel, welche der von i' unter dem Winkel α ausgehende und bei j' unter dem Winkel α_m anlangende Strahl in seinem Verlaufe der Reihe nach mit der Achse macht, α', α'', α''', u. s. w. Mit der Grösse des Winkels ändert sich jedesmal auch die Grösse des Bildes. Es sei die Grösse des Bildes in der ersten Hauptebene β', und der Reihe nach die Grösse des Bildes nach jeder Brechung β'', β''', u. s. w., und schliesslich nach der letzten Brechung in der zweiten Hauptebene $\beta_m = \beta'$. Da man nun zwei aufeinanderfolgende Bilder jedesmal als Object B und sein Bild β ansehen kann, so lässt sich die Formel

$$B n' \alpha = \beta n'' \alpha' \quad (6a)$$

auf die in dem zusammengesetzten Systeme entworfene Reihe von Bildern anwenden, und wir erhalten so

$$\beta' n' \alpha = \beta'' n'' \alpha'$$
$$\beta'' n'' \alpha' = \beta''' n''' \alpha'' \text{ u. s. w.}$$

Daraus folgt, dass $$\beta' n' \alpha = \beta_m n_m \alpha_m,$$

und da $$\beta' = \beta_m,$$

so ist $$n' \alpha = n_m \alpha_m \text{ oder } \frac{\alpha}{\alpha_m} = \frac{n'}{n_m}.$$

Wenn nun im speciellen Falle, wie wir oben gezeigt haben,

$$\frac{\alpha}{\alpha_m} = \frac{F''}{F'},$$

so ist auch $$\frac{F''}{F'} = \frac{n'}{n_m}, \; Q.\ E.\ D.$$

und diess gilt natürlich für alle Fälle.

XIX. Anwendung auf die Linse im Auge.

Alles Vorhergehende findet auf die Linse im Auge seine Anwendung. Im nicht accommodirten Auge ist der Radius der vordern Fläche der Linse (Fig. 40 h_1) ungefähr $= 10^{mm}$, der Radius der hintern Fläche $= 6^{mm}$; ihre Dicke $h_1 h_2 = 3{\cdot}6^{mm}$; und das Brechungsverhältniss der Linse ist zu 1·455, das des Glaskörpers und des Humor aqueus zu 1.3376 angenommen.

Daraus sollen die Cardinalpunkte berechnet werden. Das optische Centrum o liegt ($3{\cdot}6 \times 6 : 6 + 10 =$) 1.35^{mm} von der hintern und desshalb ($3{\cdot}6 - 1{\cdot}35 =$) $2{\cdot}25^{mm}$ von der vordern Fläche der Linse entfernt. Von dem optischen Centrum lasse man nun Strahlen nach vorne in das Kammerwasser, nach rückwärts in den Glaskörper austreten und berechne nach Formel 3 c, von welchen Punkten in der Linse diese scheinbar ausgehen werden. Der Punkt k' scheint in $1{\cdot}4927^{mm}$ und der Punkt k'' in 1.2644^{mm} Entfernung von der hintern Linsenfläche und mithin weniger als $\frac{1}{4}{}^{mm}$ von einander zu liegen. Berechnen wir nach der in XVI auseinandergesetzten Methode $h_2\,\varphi''$ und addiren $h''\,h_2$ hinzu, so erhalten wir die hintere Hauptbrennweite $h''\,\varphi'' = F'' = 43.707^{mm}$; und ihr ganz gleich ist die vordere Brennweite F'; weil der Glaskörper und der *Humor aqueus* als brechende Medien mit gleichem Index angesehen werden dürfen. Desshalb fallen auch k' und k'' mit h' und h'' zusammen.

Unsere Kenntnisse von der Krystalllinse lassen übrigens viel zu wünschen übrig. Wahrscheinlich ist das Brechungsverhältniss etwas zu gross angenommen, so dass also die berechnete Brennweite zu klein wäre.

Der Nutzen, den wir aus unserer Kenntniss der sechs Cardinalpunkte in Bezug auf die Bestimmung der Grösse und Lage der Bilder ziehen können, ist im Vorstehenden schon enthalten, doch wird er in der Folge noch mehr in die Augen fallen.

C. Brechung in einem aus einer sphärischen Oberfläche und einer biconvexen Linse zusammengesetzten Systeme.

XX. Allgemeine Angabe der Cardinalpunkte des Auges.

Das dioptrische System des Auges besteht aus einer sphärischen Oberfläche und einer biconvexen Linse. Wir wollen der Betrachtung, durch welche wir die Hauptpunkte dieses zusammengesetzten Systems aufsuchen, ohne weiters die uns jetzt bekannten Werthe für die Cornea und die Krystalllinse zu Grunde legen.

Es stelle System A (Fig. 41) die Lage der Cardinalpunkte der Cornea, System B die der Linse, System C die des ganzen Auges dar. Die Maasse sind von einem gut gebauten Auge genommen. System C soll nun aus den Systemen A und B abgeleitet werden. Die schematische Darstellung der drei Figuren führt uns unmittelbar zu folgenden Schlüssen: 1. Im Systeme C fallen die Haupt- und Knotenpunkte nicht zusammen, denn die brechenden Medien (n' und (n''' sind nicht, wie in A, einander gleich. — 2. Da der Knotenpunkt des Systems A beinahe mit k' und k'' (oder h' und h'') des Systems B zusammenfällt, so kommen k' und k'' des Systems C beinahe in gleicher Entfernung von der *Cornea*, sicherlich wenigstens in den hintern Theil der Linse zu liegen. — 3. Da der Hauptpunkt h des Systems A in der vordern Oberfläche der Hornhaut und die Hauptpunkte h' und h'' des Systems B innerhalb der Linse, und zwar $5{\cdot}7073$ und $5{\cdot}9356^{mm}$ hinter dem des Systems A liegen, so müssen die des Systems C offenbar in den *Humor aqueus* fallen. — 4. Wegen der combinirten Wirkung von A und B sind die Brennweiten $h'\,\varphi'$ und $h''\,\varphi''$ im Systeme C viel kürzer, als in System A und B.

XXI. Berechnung der Hauptpunkte des Auges.

Wenn wir nun die Lage von h' und h'' im System C bestimmen wollen, so haben wir nichts anderes zu thun (vergl. XII), als den Punkt s zu suchen und die Lage der beiden Bilder dieses Punktes zu berechnen; diese beiden Bilder sind dann die Hauptpunkte $h'\,h''$ des Systems C. Nun liegt aber der Punkt s zwischen h (System A) und h' (System B) und zwar in Entfernungen von diesen beiden Punkten, die den Brennweiten jedes dieser beiden Systeme proportional sind. Denn bei solcher Lage von s ist das von der *Cornea* C entworfene Bild der Senkrechten $s\,s'$ (Fig. 42) von gleicher Grösse mit dem von der Linse L entworfenen Bilde. Die Grössen lassen sich durch Construction leicht finden (vergl. Fig. 30). In Fig. 42 sei $h\,\varphi''$ die hintere Brennweite F''_c der *Cornea*, $h'\,\varphi'$ die vordere F'_l der Linse.

Fig. 41.

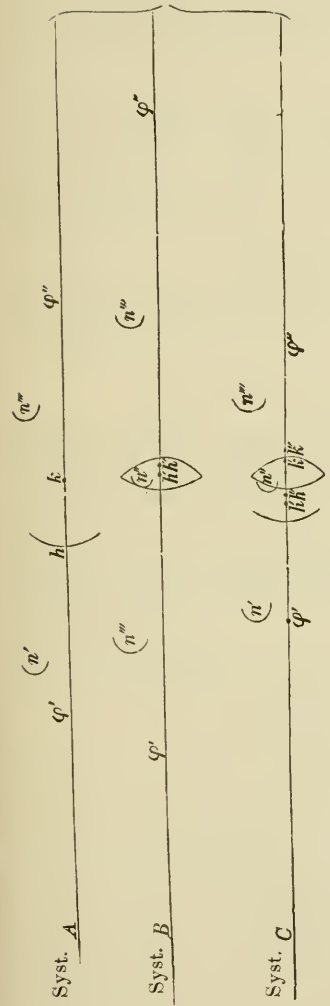
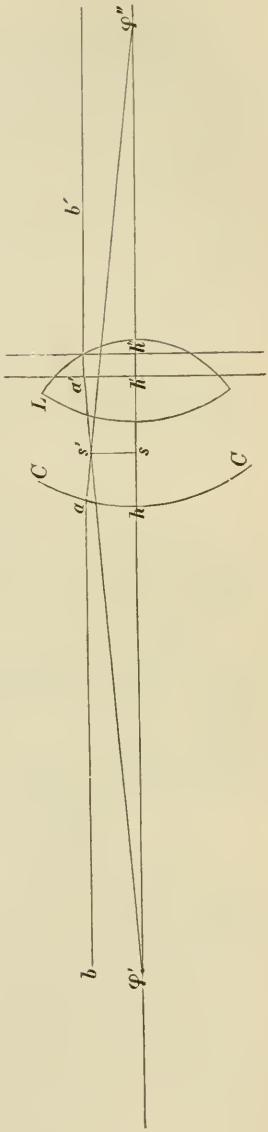


Fig. 42.



Denken wir uns nun die Linse weg, so entwirft die *Cornea* ein Bild von $ss' = ha$; denken wir uns dagegen die *Cornea* weg, so entwirft die Linse ein Bild von $ss' = h'a'$. Diese beiden Bilder haben gleiche Grösse (vergl. XII), wenn

$$\varphi'' s' : s' a = \varphi' s' : s' a',$$

in welchem Falle

$$h\varphi'' : h s = h' \varphi' : h' s.$$

Zugleich wird es klar, dass der Punkt s da liegt, wo $h h'$, und nicht wo $h h''$ proportional den Brennweiten $h\varphi'' = F''_c$ und $h' \varphi' = F'_l$ getheilt wird, denn schon von dem in der Ebene h' gelegenen Punkte a an geht der Strahl $\varphi'' a'$ als $a' b$ parallel mit der Achse fort. Ferner leuchtet ein, dass, wenn sowohl das erste System A, wie das System B zwei Hauptpunkte hätte, der Zwischenraum zwischen h'' (System A) und h' (System B) im Verhältniss der Brennweiten getheilt werden müsste, um den Punkt s zu finden.

Da nun aber im Auge h in der Hornhautkrümmung, h' dagegen 5.7073mm hinter der *Cornea* liegt, und $F''_c = 31{\cdot}692^{mm}$, $F'_l = 43.707^{mm}$ beträgt, so liegt s $5.7073 \times 31.692 : 31.692 + 43.707 = 2.399^{mm}$ hinter der *Cornea*, d. i. $5{\cdot}7073 - 2.399 = 3.3083^{mm}$ vor dem vordern Hauptpunkte der Linse. Die Lage der Bilder von s finden wir nun ferner als h' und h'' (System C) nach der Formel (3c), nämlich die Lage von $h' = \frac{2.399 \times 23.692}{31.692 - 2.399} = 1.9403$ hinter h (der vordern Hornhautfläche) und die Lage von $h'' = \frac{3.3083 \times 43.707}{43.707 - 3.3083} = 3.5793$ vor dem vordern Hauptpunkte der Linse. Dieser liegt aber 5.9356^{mm} hinter der *Cornea* und mithin h'' in $5.9356 - 3.5793 = 2.3563^{mm}$ hinter der vordern Hornhautfläche.

XXII. Berechnung der Knotenpunkte des Auges.

Um den Ort der Punkte k' und k'' des Systems C zu finden, erinnern wir uns (VIII.), dass sie die Bilder des Punktes o sind, welcher die Entfernung zwischen den Knotenpunkten vom System A und System B (XV und Fig. 41) proportional zu den auf die Knotenpunkte bezogenen Brennweiten G''_1 und G''_2 in zwei Theile theilt.

Die zu k (System A) gehörende Brennweite ist $\varphi'' k = \varphi' h = 23.692^{mm}$ und die zu k' (System B) gehörende Brennweite ist $= 43.707^{mm}$; überdiess liegt k 8^{mm}, k' $5{\cdot}7073^{mm}$ hinter der *Cornea*. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt 2.2927^{mm}, welcher im Verhältniss von 23.692 : 43.707 getheilt werden soll. So finden wir $\frac{2.2927 \times 43.707}{43.707 + 23.692} = 1.4867$ und so weit liegt o hinter h' des Systems B und folglich $5.7073 + 1.4867 = 7.194^{mm}$ hinter der *Cornea*.

Das von der *Cornea* entworfene Bild k' von o liegt

$$\frac{23.692 \times 7.194}{31.692 - 7.194} = 6.957^{mm} \text{ hinter der } Cornea.$$

Das von der Linse entworfene Bild k'' von o liegt $\frac{43.707 \times 1.4867}{43.707 + 1.4867} = 1.4376^{mm}$ hinter dem zweiten Hauptpunkte der Linse und mithin $1{\cdot}4376 + 5.9356 = 7.3732^{mm}$ hinter der *Cornea*. Der Abstand $k' k''$ (System C) ist $7.373 - 6.957 = 0.416^{mm} =$ dem Abstande $h' h''$ (System C).

Wenn wir zuerst die Lage der Brennpunkte bestimmen, so ergibt sich daraus die Lage der Knotenpunkte ohne weitere Rechnung, denn

$$k'' \varphi'' = h' \varphi' \text{ und } k' k'' = h' h'',$$

was schon oben bewiesen ist (XVIII und XVII).

XXIII. Berechnung der Brennpunkte des Auges.

Die Brennweiten des Systems C sind leicht zu berechnen. Parallele bei h (System A) gebrochene Strahlen convergiren nach dem, 31.692^{mm} hinter der *Cornea* gelegenen Punkte φ''. Auf ihrem Wege stossen sie auf das System B und treffen

5.7073mm hinter der *Cornea* auf sein h', d. i. wenn sie nach einem 31.692—5.7073 = 25.9847mm hinter h' gelegenen Punkte convergiren. Von h'' gerechnet ist aber F'' (System *B*) = 43.707mm. Wir finden desshalb (nach Formel 3*d*) den hintern Brennpunkt φ'' (System *C*)

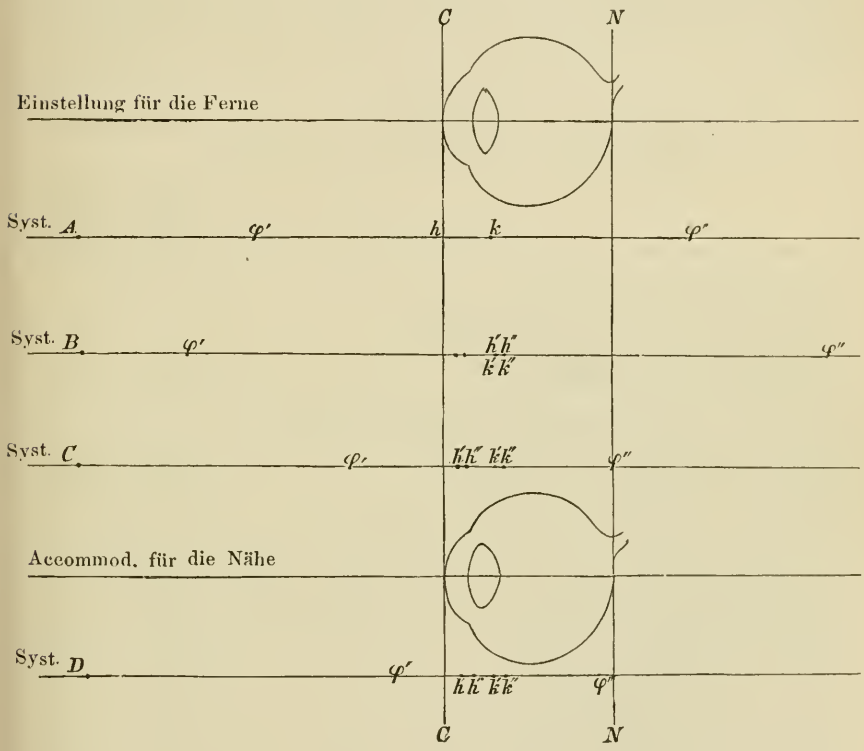
$$\frac{25.9847 \times 43.707}{25.9847 + 43.707} = 16.296^{mm} \text{ hinter } h'' \text{ (System } B)$$

und folglich 16.296 + 5.936 = 22.232mm hinter der *Cornea*,

oder 22.232 — 2.3563 = 19.875mm hinter h_2 (System *C*).

Die hintere Hauptbrennweite des Auges beträgt also 19.875mm.

Fig. 43.



Um die vordere Brennweite zu berechnen, gehen wir von parallel im Glaskörper verlaufenden Strahlen aus. Durch die Linse gebrochen convergiren sie 43.707mm vor h' (System *B*); in Folge dessen langen sie an der vordern Hornhautfläche mit einer Convergenz auf eine Distanz von 43.707 — 5.7073 = 37.9997mm an und vereinigen sich nach ihrer Brechung an der Hornhaut

$$\frac{23\,692 \times 37.9997}{31.692 + 37.9997} = 12\cdot918^{mm} \text{ vor der } \textit{Cornea},$$

d. i. 12.918 + 1.9403 = 14.8583 vor h' (System *C*).

Die vordere Hauptbrennweite F' des Auges beträgt also 14.8583mm.

Doch wäre eine besondere Berechnung von F' genau genommen nicht nothwendig gewesen, da wir die Formel 5*d* hätten anwenden können.

XXIV. Uebersicht über die Lage der Cardinalpunkte des Auges.

Wir können nun die Werthe der Cardinalpunkte, zunächst abgesondert für die beiden Systeme des Auges, System *A* die *Cornea* und System *B* die Linse, und sodann des combinirten Systemes *C*, das Auge selbst, in einer Tabelle zusammenstellen. Wir haben die berechnete Lage und Krümmung der brechenden Flächen festgestellt und die gefundenen Werthe in ihrer wahren Grösse für jedes System in einer schematischen Figur (Fig. 43) dargestellt. Oberhalb des Systems *D* befindet sich ein Schema mit der Form der Linse und der Lage der Cardinalpunkte, eines für die Nähe accommodirten Auges. Die Linie *CC* bezeichnet die Lage der *Cornea*, *NN* die der Netzhaut. Die Längen sind in Millimetern angegeben und der Ort eines Punktes oder einer Fläche von der vordern Hornhautfläche an gerechnet. Die Brechungsindices sind für den *Humor aqueus* und den Glaskörper mit $\frac{103}{77}$, für die Linse mit $\frac{16}{11}$ angenommen.

In der Tabelle sind neben den Werthen eines in Ruhe befindlichen Auges die Werthe eines für die Nähe accommodirenden Auges gesetzt.

	Einstellung für die Ferne	Accommodation für die Nähe
Krümmungsradius der Hornhaut	8	8
Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche	10	6
Krümmungsradius der hintern Linsenfläche	6	5·5
Ort der vorderen Linsenfläche	3·6	3·2
Ort der hintern Linsenfläche	7·2	7·2
Die im Schema dargestellten Werthe sind folgende:		
Vordere Brennweite der Hornhaut	23·692	23·692
Hintere Brennweite der Hornhaut	31·692	31·692
Brennweite der Linse	43·707	33·785
Abstand des vorderen Hauptpunktes der Linse von ihrer vordern Fläche	2·1037	1·9745
Abstand des hintern Hauptpunktes der Linse von ihrer hintern Fläche	1·2644	1·8100
Abstand der beiden Hauptpunkte der Linse von einander	0·2283	0·2155
Hintere Brennweite des Auges	19·875	17·756
Vordere Brennweite des Auges	14·858	13·274
Ort des vordern Brennpunktes	12·918	11·241
Ort des ersten Hauptpunktes	1·9403	2·0330
Ort des zweiten Hauptpunktes	2·3563	2·4919
Ort des ersten Knotenpunktes	6·957	6·515
Ort des zweiten Knotenpunktes	7·373	6·974
Ort des hintern Brennpunktes	22·231	20·248

Aus der Tabelle ergibt sich, dass $h' \varphi' = k'' \varphi''$, $k' k'' = h' h''$, $k' \varphi' = h'' \varphi''$; und $F' n''' = F''' n'$, d. h. $103\ F' = 77\ F'''$ (vergl. XVII und XVIII).

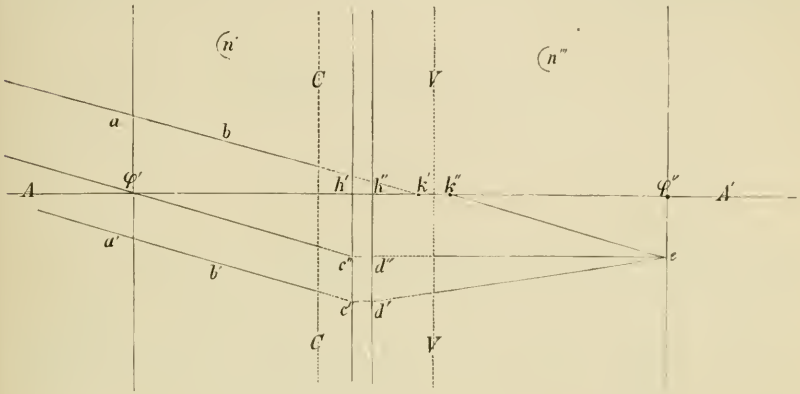
XXV. Anwendung der Cardinalpunkte.

Nachdem wir die Cardinalpunkte des Auges kennen gelernt haben, bleibt uns noch übrig zu zeigen, wie man mit ihrer Hülfe durch Construction den Verlauf jedes Strahles und die Lage und Grösse des dioptrischen Bildes finden kann.

Im Interesse der Deutlichkeit sind in den folgenden Figuren alle Maasse doppelt so gross, wie im Auge, und der Abstand der beiden Haupt- und der beiden Knotenpunkte von einander etwas grösser, als in Wirklichkeit angenommen. Die Linie *CC* bezeichnet die Lage der vorderen Hornhautfläche, die Linie *VV* die vordere Fläche des Glaskörpers.

Wir recapituliren kurz: 1. dass jeder Strahl, z. B. *a b*, (Fig. 44), welcher im ersten Medium (n' nach k' hinzielt, im letzten Medium (n''' mit seiner ersten Richtung parallel, aber nach k'' gerichtet ist; 2. dass jeder Strahl, z. B. *e d'*, in

Fig. 44



(n''' nach einem Punkte d' der Ebene h'' d'' gerichtet ist, welcher so weit von der Achse AA' entfernt liegt, wie der Punkt c' der Ebene h' c'', nach welchem er, als b' c', im ersten Medium gerichtet war; d. h. dass c' d' parallel zur Achse ist; 3. dass alle Strahlen, welche in (n' parallel sind, z. B. *a b* und a' b', sich in einem Punkte der zweiten Brennebene φ'' *e* vereinigen, und zwar im Punkte φ'' der Achse, wenn sie im ersten Mittel mit der Achse parallel waren; 4. dass alle in (n''' parallele Strahlen sich in einem Punkte der vordern Brennebene φ' *a* und, wenn sie gleichzeitig zur Achse parallel waren, wie e' d'' c'', im Punkte φ' vereinigen.

Unter Anwendung dieser Regeln können wir von jedem in (n' gegebenen Strahle seinen Lauf in (n''' verzeichnen. Die Ablenkungen, die er an den einzelnen brechenden Flächen erleidet, können wir jedoch auf diese Weise nicht angeben. Die Linien repräsentiren daher nur den Lauf der Strahlen, so lange sie in der Luft (n' oder im Glaskörper (n''' sich befinden. Um diess anzudeuten sind sie zwischen der *Cornea* und dem Glaskörper, wo der Strahl die Richtung der geraden Linie verlässt, punktirt.

Es sei nun der Strahl *a b* in (n' (Fig. 45) gegeben, und es soll sein Gang in (n''' gefunden werden. Diess kann auf doppelte Weise geschehen. Erstens verlängere man den Strahl bis zur ersten Hauptebene, welche er in *c* schneidet. Der Strahl wird dann in (n''' auf denjenigen Punkt der zweiten Hauptebene gerichtet sein, welcher *c* entspricht, nämlich auf *d* (3. Regel). Der Strahl schneide ferner die vordere Brennebene in *b*. Alle von *b* ausgehenden Strahlen sind in (n''' parallel (4. Regel); von einem dieser Strahlen *b k'* ist die Richtung bekannt, er setzt nämlich seinen Weg als k'' *c* parallel mit seiner Anfangsrichtung fort. Wir brauchen also nur von *d* aus eine Parallellinie zu *b k'* oder k'' *c* zu ziehen, um die Richtung *d e* zu finden, welche der Strahl in (n''' verfolgt. — Zweitens kann man auch mit Hülfe der 1. und 3. Regel den Gang des Strahles finden. Alle mit *a b* parallele Strahlen vereinigen sich in einem Punkte der hintern Brennebene φ'' *c*. Von einem dieser Strahlen a' b' k' kennen wir die Richtung; er geht nämlich von k'' aus als k'' e' parallel mit b' k' und *a c* weiter. Wo dieser Strahl die Brennebene φ'' schneidet, im Punkte *e*, da muss also auch *a b* die Brennebene schneiden,

und die von d nach e gezogene Linie $d\,e$ muss desshalb die Richtung des Strahles in $(n'''$ angeben.

Der Punkt i' sei gegeben (Fig. 46) und sein Bild j' soll gefunden werden. Zu dem Zwecke braucht man nur den Gang zweier von i' ausgehender Strahlen in

Fig. 45

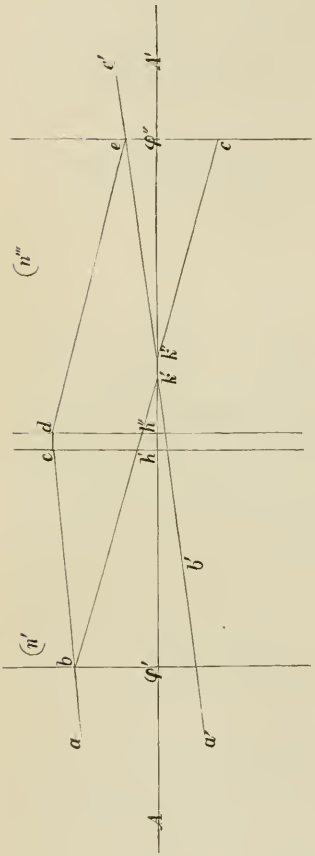


Fig. 46.

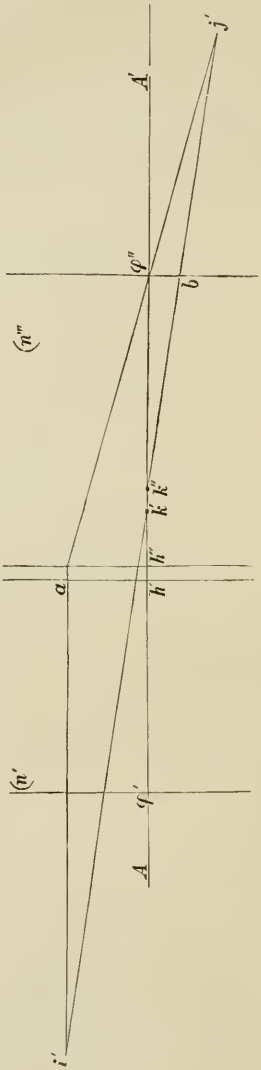


Fig. 47.

(n''' zu bestimmen und zu sehen, wo sie sich schneiden. Der Strahl $i'\,k'$ verläuft im Glaskörper (1. Regel) als $k''\,b$, und der mit der Achse parallele Strahl $i'\,a$ schneidet die Achse im hintern Brennpunkte φ'', schneidet also $k''\,b$ in j'. Folg-

lich würde das Bild von i' in j' liegen, wenn der Glasköper sich so weit erstreckte, d. h. sein virtuelles Bild liegt dort.

XXVI. Berechnung der Lage und Grösse der dioptrischen Bilder im Auge.

Aus den vorstehenden Constructionen geht hervor, dass, wenn die Cardinalpunkte eines zusammengesetzten Systems bekannt sind, die Lage und Grösse der dioptrischen Bilder nach denselben Formeln, wie bei einer einzigen brechenden Fläche, zu berechnen sind.

$h' \varphi' = k' \varphi''$ (Fig. 47) ist die vordere Brennweite $F = G''$,

$h'' \varphi'' = k' \varphi'$ die hintere Brennweite $F'' = G'$.

Wenn nun i ein leuchtender Punkt und j sein Bild ist, so ist

$$h' i = f'$$
$$h'' j = f''$$
$$k' i = g'$$
$$k'' j = g''.$$

Nach Formel $3d$ oder b können wir nun die Lage von j berechnen, wenn f' oder g' gegeben ist, und umgekehrt nach Formel $3c$ oder $3a$ die Lage von i, wenn f'' oder g'' bekannt ist.

Von dieser Formel wollen wir hier Gebrauch machen, um zu berechnen, in welcher Entfernung g' (von k' gerechnet) das schematische Auge bei der Accommodation für die Nähe deutlich sieht.

Für die Berechnung lesen wir die Werthe von $G' = 17{\cdot}756^{\text{mm}}$ und $G'' = 13{\cdot}274^{\text{mm}}$ unmittelbar aus der Tabelle in XXIV ab, g'' aber ist gleich der ganzen Augenachse weniger der Entfernung des zweiten Knotenpunktes von der *Cornea*, $g'' = 22{\cdot}231 - 6{\cdot}974 = 15{\cdot}257^{\text{mm}}$. Diese Werthe in die Formel $g' = \frac{G'\ g''}{g'' - G''}$ gesetzt, ergeben $g' = 136{\cdot}6^{\text{mm}} = 5{\cdot}047$ *P. L.* In dieser Entfernung liegt also der Nahpunkt des deutlichen Sehens. Der Fernpunkt des (schematischen, für die Ferne eingestellten) Auges liegt aber in ∞, und diese Accommodationsbreite $\frac{1}{5{\cdot}047}$ entspricht der eines jungen, ungefähr 20jährigen Menschen.

Nun liegen die beiden Knotenpunkte im Auge so nahe aneinander und g' ist (beim gewöhnlichen Sehen) in der Regel so viel mal grösser als g'', dass man gerade wie bei einer einzigen brechenden Fläche die Richtungslinien des Gegenstandes unmittelbar durch den hintern Knotenpunkt ziehen kann, ohne den vordern zu berücksichtigen. Die Grösse des Gegenstandes und des Bildes verhalten sich desshalb gerade so, wie ihre Entfernungen vom hintern Knotenpunkte k''. Im schematischen (nicht accommodirten) Auge beträgt aber die letztere Entfernung $14{\cdot}858^{\text{mm}}$; wenn also das Objekt 14·858 Meter vor dem Auge (vom hintern Knotenpunkte an gerechnet) liegt, so ist das Bild 1000mal kleiner als der Gegenstand.

XXVII. Vergleichung der für R und P durch Messungen am Auge und mittelst des Optometers gewonnenen Werthe.

In XXVI haben wir den Fern- und Nahpunkt des schematischen Auges berechnet. Nun hat Knapp an vier Augen aus der Lage und den Krümmungsradien der brechenden Flächen während Einstellung der Augen für die beiden Grenzpunkte der Accommodation die Lage der Cardinalpunkte berechnet und daraus den Nah- und Fernpunkt sammt der Accommodationsbreite abgeleitet.

Natürlich war es von grosser Wichtigkeit zu sehen, in wie weit die Messungs- und Rechnungs-Resultate mit denen der einfachen optometrischen Untersuchung derselben Personen übereinstimmten. In der That war bei dreien dieser vier Personen die Uebereinstimmung so gross, wie es bei der schwierigen und complicirten Methode der Bestimmung der Krümmungsflächen nur immer erwartet werden konnte. (Siehe Archiv f. O. VI. 2. p. 43).

	Accommodation bestimmt durch	
	Messungen am Auge	Sehprüfung
I.	1 : 6·207	1 : 3·953
II.	1 : 4·227	1 : 4·064
III.	1 : 3·883	1 : 4·248
IV.	1 : 3·581	1 : 3·214

Wenn es noch nöthig wäre, könnte man in dieser Uebereinstimmung eine neue Stütze für die Ansicht finden, dass die Accommodation ausschliesslich durch eine Formveränderung der Linse zu Stande kommt; da es dafür aber keiner weiteren Argumente bedarf, so spricht die Uebereinstimmung für die Genauigkeit der Messungen Knapps.

ZWEITER THEIL.

Accommodationsbreite.

XXVIII. Begründung und Definition der Accommodationsbreite.

Das Maass, mit welchem man die Grösse der Accommodation (die Accommodationsbreite) messen will, muss mit der Veränderung, welche bei der Accommodation im Auge vor sich geht, im Zusammenhange stehen. Hinge, wie man früher angenommen hat, das Accommodationsvermögen von einer Verlängerung der Sehachse ab, so müsste der numerische Ausdruck für die Accommodationsbreite aus der Grösse dieser Verlängerung hergeleitet werden. Die Veränderung, welche bei der Accommodation im Auge vor sich geht, ist aber von ganz anderer Natur und beschränkt sich, wie wir gesehen haben, auf das Linsensystem; die vordere Fläche der Linse nimmt beträchtlich an Wölbung zu und rückt zu gleicher Zeit nach vorne, die hintere Fläche wird auch ein wenig gewölbter, jedoch ohne dass sie nach hinten rückt, und durch diese complicirten Veränderungen ändert sich die Lage der Cardinalpunkte der Linse und damit auch die der Cardinalpunkte des ganzen Auges. Als die wichtigste Veränderung tritt uns die Verkürzung der Brennweite der Linse entgegen; das ist aber dasselbe, als wenn die Brechkraft der Linse einen Zuwachs durch eine zweite convexe Linse erhalten würde. Desshalb muss die Accommodationsbreite durch das Brechungsvermögen einer solchen Hülfslinse numerisch bestimmt werden, und da das Brechungsvermögen einer Linse ihrer Brennweite A umgekehrt proportional ist, so bekommt der numerische Ausdruck der Accommodationsbreite die Form $\frac{1}{A}$. Man kann nun durch optometrische Untersuchung die Entfernung R des Fernpunktes r und die Entfernung P des Nahpunktes p, beide vom Auge an gerechnet, bestimmen. Aus diesen Entfernungen muss $\frac{1}{A}$ abgeleitet werden; und wenn die Lage und die Krümmungsradien

aller brechenden Flächen des Auges, bei Einstellung für r und bei Accommodation für p nicht bekannt sind, so sind wir auf R und P angewiesen. Diese führten uns zu der Formel $\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A}$. Die vom Nahpunkte ausgehenden Strahlen scheinen nämlich vom Fernpunkte zu kommen, nachdem sie (P und R von der *Cornea* an gerechnet) durch eine Linse l mit der Brennweite A (vergl. Formel pag. 26) gebrochen worden sind. Wenn demnach eine solche Linse unmittelbar an die *Cornea* angelegt werden könnte, so würde sie die Accommodationsbreite in so weit vorstellen, als ohne die Linse die von r, mit der Linse die von p ausgehenden Strahlen auf der Netzhaut in einem Punkte vereinigt würden. Dadurch ist aber der Ausdruck $\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A}$ noch nicht gerechtfertigt. Die Linse nämlich, welche bei der Accommodation für p dem Auge hinzugefügt wird, befindet sich innerhalb und nicht vor dem Auge; und daher bringt die in der Formel $\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A}$ enthaltene Linse ganz andere Veränderungen in der Lage der Cardinalpunkte hervor, als die Accommodation für nahe Gegenstände. Ueberdiess würde sich mit dem Unterschiede in der Lage auch ein Unterschied in der Brennweite der Hülfslinse verbinden, und desshalb repräsentirt $\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A}$ durchaus nicht jene Linse, welche der Krystallkörper des Auges bei der Accommodation für p sich selbst hinzuaddirt. Es entsteht daher die Frage, ob wir diese Formel als numerischen Ausdruck für die Accommodationsbreite betrachten dürfen.

Augenscheinlich haben wir es hier nur mit proportionalen Grössen zu thun. Die Formel soll dazu dienen, die verschiedenen Werthe der Accommodationsbreite unter verschiedenen Umständen mit einander zu vergleichen. Wenn nun die Veränderung der Linse, wenn auch nicht ganz gleich, so doch der Formel $\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A}$ wenigstens hinreichend proportional ist, so erfüllt diese Formel alle Anforderungen und repräsentirt alle Veränderungen im Auge. Es soll gezeigt werden, dass diess in der That der Fall ist.

XXIX Bestimmung der Accommodationsbreite durch die Brennweite einer Linse, deren Knotenpunkt in einem der Knotenpunkte des Auges sich befindet.

In XXVI. wurde die Entfernung g' zwischen dem ersten Knotenpunkte und dem Gegenstande, für welchen das Auge accommodirt ware, unter der Voraussetzung, dass die Lage der Netzhaut und der Cardinalpunkte im Auge gegeben seien, berechnet. Umgekehrt können wir aber auch aus g' und g'' mit Benützung der Formel 3*b* die Lage der Cardinalpunkte des Systems berechnen.

$$\frac{G''}{g''} + \frac{G'}{g'} = 1, \text{ und da, wenn}$$

$$\frac{n'''}{n'} = n,$$

$$G' = n\,G'' \text{ ist,}$$

so haben wir

$$\frac{G''}{g''} + \frac{G''n}{g'} = 1,$$

$$\frac{1}{g''n} + \frac{1}{g'} = \frac{1}{G''n},$$

$$G''n = \frac{g''n\,g'}{g''n + g'},$$

$$G'' = \frac{g''g'}{g''n + g'}.$$

Kennt man nun G'' und g'', so ergibt sich unmittelbar, welche Linse das Auge zu sich selbst hinzuaddiren muss, um für die Entfernung g' accommodirt zu sein. Dabei setzen wir voraus, dass die Knotenpunkte des Auges unverändert geblieben sind, was, wie aus dem oben Vorausgeschickten hervorgeht, dann der Fall ist, wenn die unendlich dünne Hülfslinse entweder in Glaskörper steht und ihr Knotenpunkt mit dem hintern Knotenpunkte des Auges zusammenfällt, oder in Luft steht und ihr Knotenpunkt mit dem vordern Knotenpunkte des Auges zusammenfällt. Wir gehen von dem in Fig. 48 dargestellten System A aus, dessen hinterer Brennpunkt $= \varphi''$ in der Netzhaut NN liegt. In diesem Systeme verändern sich die Brennpunkte und zwar so (vergl. System B), dass das Bild j des Punktes i nun in NN zu liegen kommt, da wo im System A der Brennpunkt φ'' liegt. Die Frage lautet nun so: welches ist die Brennweite L'' einer vom Glaskörper umgebenen Hülfslinse, welche den hintern Brennpunkt von j nach φ'' verlegt. Augenscheinlich macht diese Linse die Strahlen, welche, bei k'' angelangt, nach j zielen, nach φ'' hin convergiren. Nun ist $k''\varphi'' = G''$, $k''j = g''$, folglich $\frac{1}{G''} - \frac{1}{g''} = \frac{1}{L''}$. Es ist also $\frac{1}{L''}$ die Hülfslinse, welche System A in System B verwandelt.

Es entsteht nun weiter die Frage, in welchem Verhältniss $\frac{1}{G''} - \frac{1}{g''}$ zu $g' = k'i$ steht. Wie wir gesehen haben, ist

$$\frac{1}{g''n} + \frac{1}{g'} = \frac{1}{G''n}; \text{ daraus folgt}$$

$$\frac{1}{g''} + \frac{n}{g'} = \frac{1}{G''},$$

$$\frac{1}{G''} - \frac{1}{g''} = \frac{n}{g'}.$$

Es ist also $\frac{1}{L''} = \frac{n}{g'}$; das heisst in Worten: um ein Auge, welches für unendliche Entfernung eingestellt ist, für die Entfernung g' zu accommodiren, ist eine Hülfslinse von $L'' = \frac{g'}{n}$ Brennweite erforderlich. Wenn R nicht unendlich ist, so kann man annehmen, dass eine Hülfslinse $\frac{n}{R}$ schon vorhanden war, und dass bei Accommodation für den Nahpunkt noch eine zweite Hülfslinse $\frac{n}{P}$ erforderlich wird, in welchem Falle der Unterschied beider Hülfslinsen $\frac{n}{P} - \frac{n}{R}$ die Accommodationsbreite ausdrückt. Wir erhalten auf diese Weise die allgemeine Formel

$$\frac{1}{L''} = \frac{n}{P} - \frac{n}{R} \quad \ldots\ldots B,$$

und, wenn $R = \infty$,

$$\frac{1}{L''} = \frac{n}{P}.$$

Die Formel B macht in Uebereinstimmung mit unserer Formel die Accommodationsbreite von dem Factor $\frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ abhängig. Aber wir haben angenommen,

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}, \text{ und finden } \frac{1}{L''} = \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{R}\right) n,$$

mithin

$$L'' = \frac{A}{n}.$$

Die Brennweite der erforderlichen, in Glaskörper stehenden Linse ist desshalb n-mal kürzer, als in der Formel für die Accommodationsbreite angenommen war.

Wir können indessen auch annehmen, dass die Hülfslinse von Luft umgeben sei und ihr Knotenpunkt mit k' des Auges zusammenfalle. In Wahrheit freilich ist bei k' keine Luft, es lässt sich aber ein System construiren, dessen Cardinalpunkte dieselbe Lage wie die des Auges haben, und in welchem sich wirklich bei k' Luft befindet. Ueberdiess gibt es Linsen, obwohl nicht unendlich dünne, deren Knotenpunkte ausserhalb der Glasmasse liegen, und von einer solchen können wir annehmen, dass, obwohl sie sich vor dem Auge befindet, ihr Knotenpunkt in den vordern Knotenpunkt des Auges fällt. Auch davon aber abgesehen, so können wir uns das Auge wegdenken, und dabei die Hülfslinse von Luft umgeben sein und ihren Knotenpunkt mit k' zusammenfallen lassen. Von einer solchen Linse gebrochen,

Fig. 48.

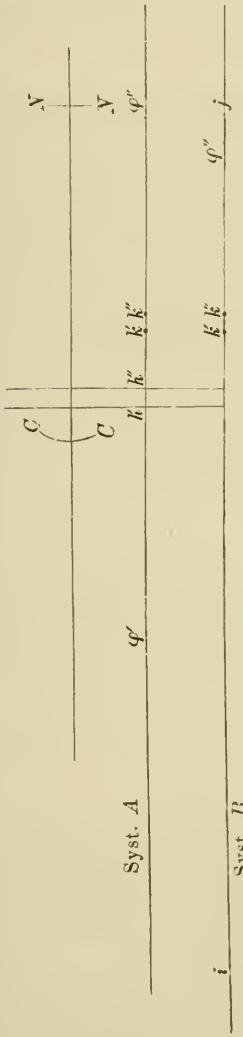


Fig. 49.

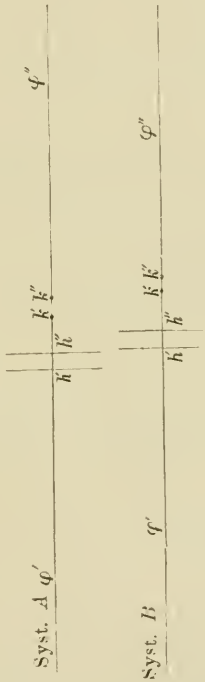


Fig. 50.

verändern die Strahlen ihre Richtung, und wir können uns diese Richtung nach rückwärts verlängert denken, als ob die Strahlen dieselbe schon inne gehabt hätten, als sie auf die *Cornea* fielen. Wenn nun R der Abstand des Fernpunktes von k', P der Abstand des Nahpunktes von k' und L' die erforderliche Brennweite ist, so ist

$$\frac{1}{L'} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A},$$

und

$$L' = A.$$

Die Brennweite der Linse würde also n-mal grösser sein, wenn sie von Luft, als wenn sie von Glaskörper umgeben wäre.

XXX. Vergleichung der Formel $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ mit den Beobachtungsresultaten.

Bei der vorhergehenden Betrachtung (XXIX) wurde angenommen, dass während der Accommodation des Auges für p, wobei die Brennweiten kürzer werden, die Knotenpunkte ihren Ort unverändert beibehalten; System A (Fig. 49) werde in System B umgewandelt. In beiden Systemen muss $k'\,\varphi' = n\,k''\,\varphi''$, d. i. $G' = n\,G''$ sein. Darin liegt, dass auch die Hauptpunkte $h'\,h''$ ihren Ort verändern. In der That muss $h'\,\varphi' = k''\,\varphi''$ und $h''\,\varphi'' = k'\,\varphi'$ sein. Nennen wir das Stück, um welches φ'' dem k'' sich nähert, y, so wird das Stück, um welches φ' näher an h' rückt, $= ny$ sein. Damit nun $\varphi'\,h' = \varphi''\,k''$ sei, muss h' zurückweichen, und der Betrag dieses nach hinten Rückens $= ny - y$ oder $y\,(n-1)$ ist ziemlich beträchtlich.

Daraus ergibt sich, dass die Veränderung, welche hervorgebracht würde, wenn man eine Hülfslinse mit ihrem Knotenpunkte in den Knotenpunkt des Auges setzte, nicht unbedeutend von der während der Accommodation im Auge stattfindenden Veränderung sich unterscheidet. Bei dieser werden die Hauptpunkte kaum nach hinten gerückt, die Knotenpunkte rücken hingegen beträchtlich nach vorne, und der vordere Brennpunkt nimmt gleichzeitig eine andere Lage ein (vergl. Syst. C und D in Fig. 43).

Es erscheint desshalb zweifelhaft, ob die Veränderung in der Brennweite, welche der Krystallkörper bei der Accommodation erleidet, der Brennweite der supponirten Hülfslinse, d. h. dem Werthe A in der Formel $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$, auch nur nahezu proportional ist. Diess muss daher untersucht werden. Wir bedienen uns zu diesem Zwecke des von Helmholtz aufgestellten schematischen Auges und der von Knapp durch Messungen an vier Augen erhaltenen Resultate.

	Brennweite der Linse bei Accommodation für die Entfernung Fr	Nähe Fp	$1 : Fa = \frac{1}{Fp} - \frac{1}{Fr}$	P	R	$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$	$\frac{1}{Fa} : \frac{1}{A}$
I.	38.176	31.971	1 : 196.7	172.4	∞	1 : 172.4	0.8763
II.	37.706	29.222	1 : 129.9	118.6	∞	1 : 118.6	0.9132
III.	41.449	30.944	1 : 122.1	109.16	∞	1 : 109.16	0.894
IV.	43.133	30.939	1 : 112	100.97	∞	1 : 100.97	0.9016
Schematisches Auge.	43.707	33.785	1 : 148.8	136.6	∞	1 : 136.6	0.918

In der That scheint es, dass der Werth $\frac{1}{Fa} : \frac{1}{A}$ kein constanter Factor ist, und dass desshalb zwischen der nach unserer Formel für die Accommodationsbreite berechneten Hülfslinse und der thatsächlichen Aenderung der Krystalllinse kein vollständiges Verhältniss besteht; nichtsdestoweniger kommen wir aber der Wahrheit ziemlich nahe, wenn wir annehmen, dass die Krystalllinse bei der Accommodation den Zuwachs einer Linse von $\frac{9}{10}$ der Kraft von $\frac{1}{A}$ erhalten hat, deren Brennweite in Folge dessen $\frac{10}{9}$ A beträgt. Dieses Resultat ist nicht ohne Bedeutung. Die Formel $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ wird dadurch mehr als eine mathematische Fiction, sie gewinnt eine physiologische Bedeutung.

XXXI. Vergleichung der Formel $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ mit einer vor den Krystallkörper gesetzten Hülfslinse.

Bedenkt man, dass die Veränderung im Linsensystem fast ausschliesslich darin besteht, dass auf die vordere Linsenfläche ein positiver Meniscus aufgesetzt wird, so kommt man leicht zu dem Schlusse, dass eine vor den Krystallkörper gesetzte Hülfslinse die Cardinalpunkte des Auges in derselben Weise, wie es thatsächlich bei der Accommodation geschieht, verändern, und desshalb die Accommodationsbreite am allergenauesten ausdrücken würde. Diess lässt sich leicht nachweisen. Ist nämlich (Fig. 50) φ'' der hintere Brennpunkt der *Cornea* CC für Strahlen, die vom Fernpunkt ausgehen, p' für Strahlen, die vom Nahpunkt ausgehen, so muss die Hülfslinse l die auf p' zielenden Strahlen nach φ'' convergiren machen, bevor sie die Krystalllinse erreichen. Ist d die Entfernung des Hauptpunktes der Hülfslinse von der *Cornea*, und $h\varphi'' = F''$, $hp' = f''$, so ist $\frac{1}{l} = \frac{1}{F'' - d} - \frac{1}{f'' - d}$.

Wir können für d 2 mm setzen. In Wirklichkeit liegt die vordere Fläche der Linse freilich weiter von der Hornhaut entfernt, aber die Hülfslinse l, welche sich gewissermaassen vor die Krystalllinse hinstellt, hat die Form eines positiven Meniscus, dessen Hauptpunkte vor der convexen Oberfläche liegen, und die unendlich dünne Linse, von der man annimmt, sie enthalte den Meniscus, muss, um eine solche Wirkung zu haben, in ihrem zweiten Hauptpunkte sich befinden.

Im schematischen Auge ist nun der Radius der *Cornea* = 8 mm, die Brennweiten der *Cornea* $F' = 23{\cdot}692$ und $F'' = 31{\cdot}692$ mm, und p liegt bei Accommodation für die Nähe, wie wir gesehen haben, in 136·6 mm vom Knotenpunkte und desshalb 136·6 — 6·5 = 130·1 mm (= f') von der *Cornea* entfernt.

Der Brennpunkt p' der von p ausgehenden Strahlen liegt folglich nach der Formel $f'' = \frac{F'' f'}{f' - F'}$ in der Entfernung

$$f'' = \frac{31{\cdot}692 \times 130{\cdot}1}{130{\cdot}1 - 23{\cdot}692} = 38{\cdot}75.$$

Die vom Fernpunkte r ausgehenden Strahlen convergiren in $\varphi'' = 31{\cdot}692$ mm, die vom Nahpunkt p ausgehenden in $p' = 38{\cdot}75$ mm hinter der *Cornea*. Bei 2 mm hinter der *Cornea* beträgt also die Entfernung der Convergenzpunkte 29·692 und 36·75 mm. Um nun die nach 36·75 mm Entfernung convergirenden Strahlen nach 29·692 hinzulenken, ist eine Hülfslinse von $\frac{29{\cdot}692 \times 36{\cdot}75}{7{\cdot}058} = 155$ mm Brennweite nothwendig.

Dieselbe Rechnung können wir für die vier von Knapp gemessenen Augen ausführen. Dabei würden wir der Wahrheit am nächsten kommen, wenn wir in jedem besondern Falle den gemessenen Radius der *Cornea* und die gemessene Tiefenlage der Krystalllinse der Rechnung zu Grunde legten. Aber auch wenn wir von den im schematischen Auge angenommenen Brennweiten der *Cornea* und einer

Entfernung der vordern Linsenfläche von der *Cornea* = 2 mm ausgehen, kommt die durch Rechnung gefundene Hülfslinse der Veränderung des Krystallkörpers sehr nahe. Diess geht aus folgender Tabelle hervor:

	$= \frac{1}{Fp} - \frac{1}{Fr} = 1 :$	F' Hintere Brennweite der Hornhaut	P	f' Brennpunkt der Hornhaut für Strahlen, die von p ausgehen	$1 : (F' - 2) - 1 : (f' - 2)$
I	196.7	31·692	165·9	36.97	196·6
II	129·9	31·692	112·5	40·15	133·9
III	122·1	31·692	103·3	41·22	121·9
IV	112·0	31·692	95·06	42·21	113·5
Schematisches Auge	148·8	31·692	130·1	38·75	155

Es geht nämlich aus dieser Tabelle hervor, dass eine unendlich dünne Hülfslinse, 2 mm hinter der *Cornea* befindlich, in den vier von Knapp gemessenen Augen fast genau mit der Veränderung des Brechungsvermögens der Linse übereinstimmt. Wollte man nun durch eine solche Linse die Accommodationsbreite ausdrücken, so liesse sich eine Tabelle über die Werthe von f' für die verschiedenen optometrisch gefundenen Werthe von p leicht herstellen. Es muss aber in der That als Zufall betrachtet werden, dass gerade bei Annahme einer unveränderten Lage der Hülfslinse 2 mm hinter der *Cornea* eine so grosse Uebereinstimmung sich herausstellt.

Die Lage der Hülfslinse hat nämlich einen sehr grossen Einfluss. Setzt man z. B. die Hülfslinse 4 mm statt 2 mm hinter die *Cornea*, so ändern sich die Zahlen in folgender Weise:

196·6 — 172·9
133·9 — 118·3
121 9 — in — 107·8
113·5 — 100·6
155 — 136·3.

Es darf desshalb nicht Wunder nehmen, dass das schematische Auge, wenn $d = 2$ mm angenommen wird, nicht entspricht. In diesem Falle sollte d etwa = 2·75 mm betragen. Im zweiten von Knapp gemessenen Auge treten einige Abweichungen auf. In beiden Fällen muss man es hauptsächlich dem Umstande zuschreiben, dass die vordere Fläche der Linse tiefer lag und folglich der Abstand von 2 mm für die Hülfslinse nicht ganz hinreichend ist.

Daraus folgt, dass wenn man aus r und p die Hülfslinse berechnen wollte, wir zugleich die Lage der vordern Linsenfläche bestimmen müssten. Diess ist aber, mit einem grossen Aufwande von Zeit und Hülfsmitteln verbunden, ohne zu einer genaueren Kenntniss, als durch Anwendung der einfachen Formel $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$, zu führen. Wir halten desshalb an dieser Formel fest, welche zur Bestimmung der Accommodationsbreite nur die optometrische Bestimmung von p und r (von einem etwa 7 mm hinter der *Cornea* gelegenen Knotenpunkte an gerechnet) verlangt, und sich desshalb für praktische Zwecke empfiehlt. Wollen wir wissen, welche Hülfslinse zur Krystalllinse hinzugefügt wurde, so multipliciren wir das erhaltene Resultat $\frac{1}{A}$ mit dem Coëfficienten 0·9. Auf diese Weise kommen wir der Wahrheit gewiss sehr nahe. Der Einfluss von Ametropie und des Gebrauchs von Brillen auf die Accommodationsbreite wird später untersucht werden.

ZWEITES KAPITEL.

Ueber die Fehler der Refraction und Accommodation im Allgemeinen.

§ 6. Unterschied zwischen den Fehlern der Refraction und Accommodation.

Man hat bisher die Fehler der Refraction und Accommodation mehr oder weniger mit einander vermengt. Diese Verwirrung stand einer klaren Schilderung derselben im Wege, welche besonders in diesem Theile der Augenheilkunde für eine richtige Würdigung des Gegenstandes durchaus nothwendig ist. Es müssen desshalb die Begriffe: Refraction und Accommodation vor allen Dingen streng auseinander gehalten werden. Später wird es dann nicht schwer sein, soweit es nöthig ist, auf die Berührungspunkte zwischen beiden zurückzukommen.

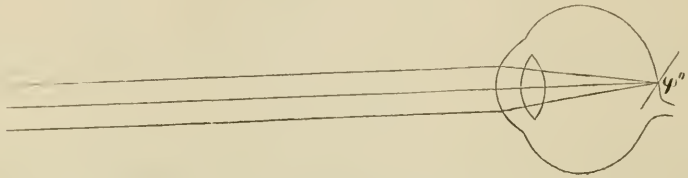
Unter Refraction des Auges verstehen wir sein Brechungsvermögen im Zustande der Ruhe; d. h. das Brechungsvermögen, welches das Auge besitzt, kraft seiner Form und seiner anatomischen Anordnung, unabhängig von einer Thätigkeit seiner Muskeln, unabhängig von Accommodation. Der Ausdruck bezieht sich also auf das Brechungsvermögen eines Auges, dessen Accommodationsmuskeln unthätig oder gelähmt sind (z. B. durch Atropin), sowie eines todten, aber noch nicht anderweitig veränderten Auges.

Von dem der vollständigen Erschlaffung entsprechenden Refractionszustande angefangen besitzt das Auge das Vermögen zu accommodiren. Der Fernpunkt des deutlichen Sehens entspricht also dem Zustande von Accommodationsruhe. Sobald die Thätigkeit der Accommodation hinzutritt, wird das Auge für einen näheren Punkt eingerichtet und nur, indem sich diese active Wirkung vermindert, wird es wieder befähigt, einen immer ferner gelegenen Punkt deutlich zu sehen. Also nur die Accommodation für einen nahen Punkt hat die Bedeutung einer activen Wirkung. (Vgl. § 3). Je stärker diese Thätigkeit ist, um so näher liegt der deutlich gesehene Punkt. Mithin verstehen wir unter Accommodation die willkührliche Thätigkeit, durch welche das Auge für einen Punkt eingerichtet wird, welcher ihm näher liegt, als derjenige, welchen es im Zustande der Accommodationsruhe deutlich sieht.

Daraus folgt, dass die Refraction abhängig ist von der anatomischen Construction des Auges, die Accommodation dagegen von der physiologischen Thätigkeit seiner Muskeln.

Mit Rücksicht auf die Refraction nennen wir die Struktur eines Auges normal, wenn es im Ruhezustande die von einem unendlich entfernten Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen genau auf der vorderen Oberfläche der Stäbchenschicht in einem Punkte (Brennpunkt) vereinigt; mit andern Worten, wenn parallel einfallende Strahlen ihren Brennpunkt in der Stäbchenschicht haben (Fig. 51); der Fernpunkt eines solchen Auges liegt in

Fig. 51.



unendlicher Entfernung. Wenn nun ein Auge fähig ist, auch convergent auf die Hornhaut fallende Strahlen auf der Netzhaut in einem Punkte zu vereinigen, so besitzt das Auge etwas, was es nicht braucht, denn von allen Gegenständen gehen die Strahlen divergent oder höchstens parallel aus. Liegt im Gegentheil der Fernpunkt nicht in unendlicher, sondern in einer endlichen Entfernung, so ist das Sehen für einen grossen Theil des Raumes undeutlich. Daraus folgt, dass das Brechungsvermögen der Medien eines ruhenden Auges nur dann mit Rücksicht auf die Lage der Netzhaut normal genannt werden kann, wenn parallel einfallende Strahlen auf der Stäbchenschicht zur Vereinigung kommen. Dann liegt in der That die Grenze des Gesichtsfeldes genau am rechten Orte. Dann besteht Emmetropie (von ἔμμετρος, modum tenens, und ὤψ, oculus). Ein solches Auge nennen wir emmetropisch.

Dieser Name drückt genau aus, was wir sagen wollen. Man kann ein solches Auge nicht ein normales nennen, denn es kann leicht abnorm oder krank und dennoch emmetropisch sein. Auch der Ausdruck: „normal gebaut" ist nicht ganz entsprechend, denn der Bau eines emmetropischen Auges kann in mancher Hinsicht von der Norm abweichen, und andererseits kann Emmetropie mit Verschiedenheit im Bau bestehen. Daraus folgt, dass das Wort Emmetropie allein genau den erwähnten Zustand ausdrückt.

Mit Emmetropie hat man es zu thun, wenn der Hauptbrennpunkt der brechenden Medien des ruhenden Auges auf die vordere Oberfläche der äussersten Netzhautschichte fällt. Diess ist die einfachste Definition. (Vergl. Fig. 51.)

Vom emmetropischen Zustande kann das Auge nach zwei Richtungen hin abweichen: der Hauptbrennpunkt φ'' des ruhenden Auges kann vor (Fig. 52) oder hinter (Fig. 53) die äusserste Netzhautschichte fallen. Im ersten Falle haben divergente (die punktirten Linien in Fig. 52), im zweiten convergente Strahlen (punktirt in Fig. 53) ihren Brennpunkt auf der

Netzhaut. Im ersten Falle sieht also das Auge im Zustande der Ruhe Gegenstände deutlich, welche in einer bestimmten endlichen Entfernung vor dem Auge sich befinden (Fig. 52 *i*); im zweiten Falle werden im Zustande der Ruhe

Fig. 52.

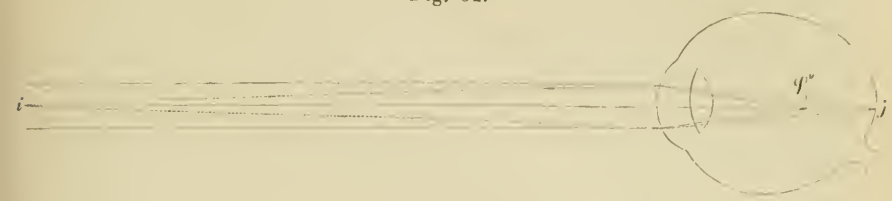
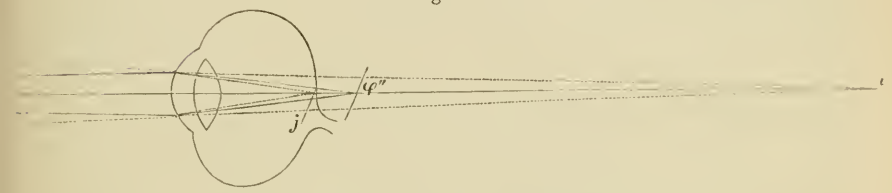


Fig. 53.



in gar keiner Entfernung Gegenstände deutlich gesehen, denn die Strahlen, welche auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen sollten, müssten schon beim Auffallen auf die Hornhaut nach einem hinter dem Auge gelegenen Punkte convergiren (Fig. 53 *i*). Im ersten Falle liegt die fernste Grenze innerhalb des normalen Maasses; das Maass ist also zu kurz, und der Zustand des Auges könnte folglich Brachymetropie genannt werden. Im zweiten Falle liegt der Grenzpunkt jenseits des Maasses; und ich habe diesen Zustand desshalb Hypermetropie genannt.

Hieraus ist vollkommen ersichtlich, dass Brachymetropie und Hypermetropie zwei einander entgegengesetzte Zustände sind.

Die Definitionen sind nun ausserordentlich einfach. Der hintere Hauptbrennpunkt φ'' der brechenden Medien des ruhenden Auges fällt:

bei Emmetropie auf die äusserste Netzhautschichte,
bei Brachymetropie vor die äusserste Netzhautschichte,
bei Hypermetropie hinter „ „ „

Um auszudrücken, dass das Auge nicht emmetropisch ist, kann man das Wort Ametropie (von ἄμετρος, extra modum, und ὤψ, oculus) gebrauchen. Brachymetropie und Hypermetropie gehören also beide zur Ametropie.

Brachymetropie ist augenscheinlich nichts anderes als Myopie, und es scheint besser zu sein, das Wort Myopie beizubehalten, weil es eben schon gebräuchlich ist. Das Wort Brachymetropie wurde nur im Gegensatze zu Hypermetropie, an welchem Ausdrucke ich festhalten zu müssen glaube, gebildet.

Es ergibt sich hieraus, dass Myopie und Hypermetropie einander entgegengesetzte Zustände sind. Das sehr häufige Vorkommen und die grosse Bedeutung der Myopie ist schon lange bekannt, noch viel gewöhnlicher jedoch und wichtiger in ihren Folgen ist die Hypermetropie, welche bis

vor kurzem entweder übersehen oder mit anderen Zuständen verwechselt worden ist.

Ich wiederhole, was ich seiner Wichtigkeit wegen schon einmal betont habe, dass Myopie und Hypermetropie die einander entgegengesetzten Zustände von Ametropie sind.

Aus den von den Refractionsanomalien gegebenen Definitionen geht nun hervor, dass die Entfernung R des fernsten, deutlich gesehenen Punktes das Prinzip ist, auf dem diese Eintheilung beruht. Die Verkürzung der Brennweite, wobei näher gelegene Punkte deutlich sichtbar werden, ist das Werk der Accommodationsmuskeln. Sind diese ad maximum angespannt, so ist das Auge für die Entfernung P seines Nahpunktes eingestellt. Nun finden wir als numerischen Ausdruck für die Accommodationsbreite $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$. Die Accommodationsbreite wird, wie später noch genauer auseinander gesetzt werden soll, mit zunehmendem Alter kleiner. R kann gleichzeitig beinahe unverändert bleiben, und somit wird P grösser. Dadurch kommt es, dass im emmetropischen Auge zu einer gewissen Lebenszeit der Nahpunkt so weit vom Auge entfernt ist, dass feinere Arbeiten mit nahen Gegenständen nicht länger mehr gut ausgeführt werden können. Dieser Zustand des Auges wird Presbyopie genannt. Presbyopie besteht also, wenn sich in Folge des zunehmenden Alters und der Abnahme der Accommodationsbreite der Nahpunkt zu weit vom Auge entfernt hat.

Früher pflegten die Autoren Presbyopie und Myopie einander gegenüber zu stellen, und scheinbar war diess auch ganz recht. Bei Myopie können bloss nahe und bei Presbyopie bloss ferne Gegenstände deutlich gesehen werden. Bei Myopie fanden sie die mittlere deutliche Sehweite zu nahe am Auge, bei Presbyopie zu weit entfernt gelegen. Und so lag es nahe, indem Hypermetropie entweder übersehen oder mit Presbyopie zusammengeworfen wurde, Myopie und Presbyopie einander direct gegenüber zu stellen und sie als Abweichungen zu betrachten, die dem Wesen nach einander ähnlich, in der Richtung aber entgegengesetzt seien.

Bei genauerer Betrachtung wird es jedoch klar, dass eine solche Gegenüberstellung unlogisch ist. In der That gehören Myopie und Presbyopie sowohl mit Rücksicht auf die Anatomie, als auf die Physiologie zu zwei ganz verschiedenen Kategorien. Myopie hat ihren Grund in einer abnormen Construction des Auges; Presbyopie ist der normale Zustand eines normal gebauten Auges in einer vorgerückten Lebensperiode. Bei Myopie besitzt das Accommodationsvermögen die normale Breite; Presbyopie dagegen hat ihren Grund in verminderter Accommodationsbreite als dem natürlichen Resultat des beginnenden Alters. Und endlich beruht Myopie auf einer abnormen Lage des Fernpunktes; Presbyopie dagegen auf einer veränderten Lage des Nahpunktes. So wenig sind also Myopie und Presbyopie entgegengesetzte Zustände, dass sie beide gleichzeitig in ein und demselben Auge vorkommen können. Ein Auge zum Beispiel, welches nur zwischen 20 und 14 Zoll deutlich sehen kann, ist gleichzeitig myopisch und presbyopisch. Der Fernpunkt liegt zu nahe, der Nahpunkt zu ferne.

Es lässt sich mithin als vollkommen erwiesen und erklärt ansehen: —

1. dass Myopie und Hypermetropie als entgegengesetzte Zustände zu gelten haben;

2. dass es unlogisch und unpraktisch zugleich ist, Myopie und Presbyopie einander gegenüber zu stellen.

Was die Presbyopie anlangt, so ist sie keine Anomalie, sondern vielmehr der normale Zustand des normal gebauten, emmetropischen Auges in einer vorgerückten Lebensperiode. Wäre aber Presbyopie eine Anomalie, so müsste sie nicht als eine Anomalie der Refraction, sondern als eine Accommodationsanomalie betrachtet werden. Sie dürfte nicht neben Myopie und Hypermetropie gestellt werden, sondern vielmehr neben andere Störungen der Accommodation. Da sie aber überhaupt keine Störung, sondern nur eine Verminderung der Accommodationsbreite ist, so muss sie dort abgehandelt werden, wo von dem Einfluss der Lebenszeit auf das Auge die Rede ist.

Wir haben oben gesehen, dass die Accommodation auf einer durch Contraction der innern Augenmuskeln bewirkten Formveränderung der Linse beruht. Daraus folgt, dass Anomalien der Accommodation abhängig sein können:

a. von einer Störung im Linsensystem,

b. von einer Störung der inneren Augenmuskeln.

Von den Störungen im Linsensystem kommt fast ausschliesslich der Zustand gänzlicher Abwesenheit der Linse, den ich Aphakie genannt habe, zur Beobachtung.

Die Störungen der Accommodationsmuskeln sind sehr verschiedener Natur. Wir werden vorzugsweise zu unterscheiden haben:

1. Die Schwäche, welche sich nicht selten durch charakteristische Symptome nach verschiedenen erschöpfenden Krankheiten kundgibt.

2. Mehr oder weniger vollkommene Lähmung, welche wahrscheinlich ausnahmslos zugleich mit einem ähnlichen Zustande des Kreismuskels der Iris vorkommt und öfter nur als eine Theilerscheinung der Oculomotorius-Lähmung auftritt.

3. Der Krampf, welcher, viel seltener als die Lähmung, gleich dieser in einer directen oder indirecten abnormen Thätigkeit des Nervensystemes seinen Grund hat.

Ausser diesen seltenen Formen von Krampf werden wir als eine sehr gewöhnliche Erscheinung bei der Hypermetropie eine constante (von Gewohnheit abhängige) Contraction der Accommodationsmuskeln kennen lernen: doch werden wir von ihr bei Gelegenheit der Hypermetropie handeln.

Ueberdiess muss hier im Allgemeinen bemerkt werden, dass der Refractionszustand einen wichtigen Einfluss auf die gewöhnliche Verwendung der Accommodationsbreite und desshalb auf die Accommodation selbst ausübt. Die Modificationen, welche dadurch hervorgebracht werden, lassen sich nicht von den Refractionszuständen, von denen sie abhängen, trennen, und werden desshalb zugleich mit ihnen abgehandelt werden. Aus diesen und anderen Gründen war es nothwendig, eine Uebersicht über das Gebiet der Accommodation zu geben, bevor wir zu der Beschreibung der Refractionsanomalien übergehen.

Aus dem Vorhergehenden geht hervor, dass unser Eintheilungsprinzip sich auf die Lage des Fernpunktes gründet. So erhalten wir eine Classification der Refractionsanomalien, welche von selbst jede Verwechslung derselben mit den Accommodationsanomalien ausschliesst.

Es entsteht nun natürlich die Frage, ob eine Eintheilung nach dem Nahpunkt, d. h. nach P, nicht eben so gut gewählt werden könnte. Eine kurze Ueberlegung wird indessen zeigen, dass diess zu fortwährender Verwechslung zwischen den Refractions- und Accommodations-Anomalien Veranlassung geben würde. In der That ist P von beiden Factoren abhängig, sowohl von der Refraction des ruhenden Auges, als von der Accommodationsbreite. In Folge dessen können zwei Augen, in denen P gleich ist, mit Rücksicht auf die Refraction und die Accommodation grosse Verschiedenheiten darbieten; es brauchen sich nur die Unterschiede in den beiden Factoren auszugleichen. Ein myopisches Auge mit einer kleinen und ein hypermetropisches mit einer grossen Accommodationsbreite können ihren Nahpunkt in derselben Entfernung haben, wie ein emmetropisches Auge mit mittlerer Accommodationsbreite. Hätte man nun eine Eintheilung nach dem Nahpunkt gewählt, so würden alle diese verschiedenen Augen zur selben Kategorie gehören. Und wie sollte man auf solcher Grundlage die Kategorien überhaupt abgrenzen? Augenscheinlich könnte das nur in ganz willkührlicher Weise geschehen. Man könnte z. B. unterscheiden:

Eine Kategorie mit P kleiner als zwei Zoll,
" " " " " vier Zoll,
" " " " " acht Zoll, etc., oder könnte

andere willkührliche Zahlen wählen. Endlich würde dasselbe Auge nach Maassgabe der Abnahme der Accommodationsbreite in verschiedenen Lebenszeiten zu verschiedenen Kategorien gehören. Diess genügt um darzuthun, dass eine auf den Nahpunkt basirte Classification der Augen durchaus unpraktisch ist und fast zu absurden Consequenzen führt. Eine Classification nach der mittleren deutlichen Sehweite, wie man sie aufzustellen versucht hat, indem man Myopie und Presbyopie einander entgegenstellte, ist aber eine Illusion, denn eine mittlere deutliche Sehweite existirt nicht, und was nicht existirt, lässt sich nicht definiren. (Vgl. relative Accommodationsbreite.)

Auf der anderen Seite ist eine Eintheilung, die sich auf die Lage des Fernpunktes gründet, einfach und logisch. Mit der Kenntniss von R erfahren wir sogleich, ob eine Refractionsanomalie existirt. Ziehen wir dann das Alter in Betracht, so können wir nahezu bestimmen, wie gross P sein muss; und wenn P damit nicht wirklich übereinstimmt, so können wir daraus überdiess auf das Vorhandensein einer Accommodationsanomalie schliessen.

§ 7. Ursachen der Refractionsanomalien im Allgemeinen.

In der Definition der Accommodationsanomalien ist gleichzeitig ihre Ursache schon angegeben. Denn obwohl sehr verschiedene krankhafte Zustände und Vorgänge, sowohl zu Lähmung, als zu Krampf der Accommodationsmuskeln Veranlassung geben können, so wissen wir doch, dass in dem ersten Falle die Symptome immer von verminderter oder gänzlich aufgehobener, in dem zweiten Fall von unwillkührlich erhöhter Thätigkeit der Accommodationsmuskeln abhängen.

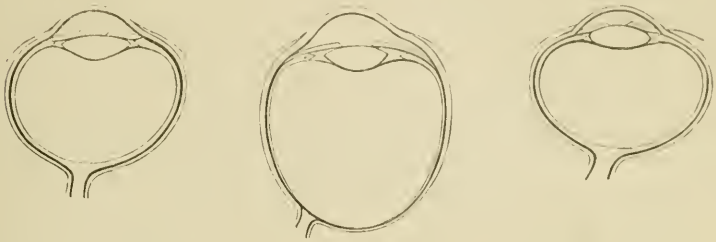
Auf die Ursachen der Refractionsanomalien dagegen wirft die gegebene dioptrische Definition keinerlei Licht. Sie sind einfach definirt als Störungen des Zusammenhangs in der gegenseitigen Lage des Hauptbrennpunktes und der Netzhaut. Von welcher anatomischen oder physiologischen Abweichung diese Zusammenhangsstörungen abhängen mögen, ist somit unentschieden gelassen.

Es könnte passend erscheinen, davon an diesem Orte im Allgemeinen zu handeln. Doch will ich hier nur auseinander setzen, was als Regel zu betrachten

ist. Abweichungen besonderer Art, die nur zuweilen als Ausnahmen vorkommen, werden erst in dem speciellen Theile bei den einzelnen Anomalien zur Sprache kommen.

Die Regel ist in den beigegebenen drei Figuren ausgedrückt; Fig. 54 ist ein emmetropisches, Fig. 55 ein myopisches und Fig. 56 ein hypermetropisches

Fig. 54. Fig. 55. Fig. 56.



Auge. Es fällt sogleich auf, dass im myopischen Auge die Sehachse länger, im hypermetropischen dagegen kürzer, als im emmetropischen ist. Diesem Umstande ist es fast ausschliesslich zuzuschreiben, dass parallel einfallende Strahlen im myopischen Auge vor der Netzhaut, im hypermetropischen aber hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Von diesem Unterschiede in der Länge der Sehachse kann man sich selbst bei Lebzeiten zur Genüge überzeugen. Wenn man nämlich die Sehachse soweit als möglich nach einwärts richten lässt, so lässt sich die geringe Aenderung in der Krümmung des ovalen myopischen und der steile Abfall in der Krümmung des weiter vorn gelegenen Aequators im hypermetropischen Auge wahrnehmen. Ueberdiess scheinen auch die anderen Achsen des myopischen Auges länger zu sein, während die des hypermetropischen kürzer sind, als im emmetropischen Auge.

A priori liesse sich annehmen, dass Myopie und Hypermetropie auch noch von manchen andern Ursachen abhängig sein könnten. Jede Refractionsanomalie könnte sowohl von der Krümmung jeder einzelnen brechenden Oberfläche (vergl. p. 34), als auch von dem Brechungscoëfficienten der verschiedenen Medien abhängen. An Hypothesen war denn auch in der That kein Mangel.

Zunächst war man lange Zeit der Meinung, dass bei Myopie die Hornhaut convexer sei. Soweit die Hypermetropie bekannt war, setzte man voraus, dass sie mit zu grosser Flachheit der Hornhaut im Zusammenhange stehe; und diess wurde bei Presbyopie gradezu als erwiesen angenommen. Bei äusserlicher Betrachtung schien es wirklich, als wenn bei Myopen die Hornhaut mehr convex, bei Hypermetropen und Presbyopen aber flacher wäre, als bei Emmetropen. Dieser Anschein entsteht dadurch, dass bei Myopie die Iris und die Linse weit hinter der Hornhaut liegen, während sie bei Hypermetropie und Presbyopie näher an ihr liegen. Man wird ferner um so mehr verleitet, einen Unterschied in der Krümmung der Hornhaut anzunehmen, als bei Myopen der ganze Augapfel mehr hervorragt, während er bei Hypermetropen, wie man oft sehen kann, tiefer in der Orbita liegt. Aber in Wahrheit differirt die Krümmung der Hornhaut bei Ametropie und Emmetropie nicht wesentlich.

und auch die Lebenszeit übt kaum einen Einfluss darauf aus. Zahlreiche Messungen des Krümmungsradius der Hornhaut haben meine Meinung über diesen Punkt festgestellt. Sie haben mir gezeigt, dass ganz im Gegentheil zu dem, was man hätte erwarten sollen, die Hornhaut in einer vorgerückten Lebensperiode eher etwas mehr convex wird, und dass man bei den höchsten Graden von Myopie eine etwas flachere Hornhaut antrifft. Ueberdiess schien der Radius der Hornhaut an beiden Augen desselben Individuums im Allgemeinen keine Verschiedenheit oder wenigstens einen viel geringeren Unterschied darzubieten, als man gewöhnlich zwischen den Hornhäuten verschiedener Personen antrifft, während endlich der Radius (sowohl wie das ganze Auge) bei Frauen etwas kürzer ist, als bei Männern.

Obgleich also bei gewöhnlicher Myopie die Hornhaut nicht convexer ist, so ist es doch klar, dass ceteris paribus eine grössere Convexität der Hornhaut Veranlassung zu Myopie geben muss, und wir werden später sehen, dass bei Krankheiten der Hornhaut gelegentlich auf diese Weise Myopie zu Stande kommt.

Ueberdiess können wir natürlich nicht umhin, die Hauptbrennweite der Linse als eine mögliche Ursache von Refractionsanomalien in Betracht zu ziehen. Damit im Zusammenhang wird sowohl die Krümmung ihrer brechenden Oberflächen, als ihr Brechungsexponent zu berücksichtigen sein. Im vorgerückten Alter wird die Linse in ihren äussern Schichten wesentlich dichter, und dadurch scheint der Brechungsexponent der äussern Schichten grösser zu werden. Ist diess wirklich der Fall und nähert sich der Brechungsexponent der Rindenschichten mehr dem des Kernes, so wird die Brennweite der Linse grösser (Vergl. pag. 34). Hiervon scheint die Verminderung des Brechungsvermögens des Auges im vorgerückten Alter in der That abzuhängen; aber ausserdem existiren keine Facta, welche uns ein Recht zu der Annahme geben, dass gewisse Veränderungen in der Brennweite der Linse einen regelmässigen Antheil an gewissen Refractionsanomalien haben. Bei einigen Messungen der Linsenoberflächen an Augen myopischer Personen, die ich nach dem Tode anstellte, fand ich keine Abweichung in der Krümmung; eher wollte es mir scheinen, als wenn bei hohen Graden von Hypermetropie eine flachere Linse zu erwarten wäre. Die Ausführung derartiger Messungen während des Lebens nimmt aber sehr viel Zeit in Anspruch.

Unter den von Helmholtz sowohl, als von Knapp gemessenen Augen befand sich zufällig ein myopisches Auge. Die von den genannten Beobachtern gefundenen Werthe geben aber keine Anhaltspunkte um anzunehmen, dass die Linsen myopischer Augen eine kürzere Brennweite hätten, und eben so wenig erlaubt der Einfluss, den die Entfernung der Linse bei Myopen ausübt, einen solchen Schluss, wie ausführlicher in dem Kap. über Aphakie auseinander gesetzt werden wird.

Da nun die Linse bei Myopen im Allgemeinen wirklich weiter hinter der Hornhaut liegt, als bei Emmetropen, so muss der Brennpunkt des dioptrischen Systems in jenen Augen ebenfalls etwas tiefer liegen, als in diesen. Wenn also in Folge einer längeren Sehachse Myopie vorhanden ist, so geschieht es nicht wegen, sondern trotz dieses Umstandes, und da bei Hypermetropie die Linse der Hornhaut näher liegt, so müsste sie ceteris paribus den Hauptbrennpunkt näher an die Hornhaut verlegen; da aber die Sehachse viel kürzer ist,

so liegt der Hauptbrennpunkt trotzdem noch hinter der Netzhaut. In beiden Fällen ist also die Refractionsanomalie durch das Linsensystem eher compensirt, als hervor gerufen.

In Bezug auf Veränderungen in den Brechungsexponenten ist nichts bekannt. Von theoretischem Standpunkte aus liesse sich sagen, dass ein grösserer Brechungsindex der Hornhaut und des Humor aqueus sowohl, wie ein kleinerer des Corpus vitreum den Hauptbrennpunkt nach vorne rücken würden (Vgl. pag. 34).

Als Endresultat bleibt also, wovon wir ausgingen, dass Myopie in der Regel von einer Verlängerung und Hypermetropie von einer Verkürzung der Sehachse abhängt.

Die Messungen des Hornhautradius wurden mit Hülfe des Ophthalmometer angestellt (Vgl. p. 17). Sie sind in den *Verslagen en mededeelingen der koninklijke academie van Wetenschappen* Afd. Naturkunde D. XI. p. 159, und später im A. f. O. Bd. VIII mitgetheilt. Die Hauptresultate folgen hier:

1. Die Krümmungshalbmesser der beiden Augen desselben Individuums sind im Allgemeinen nahezu gleich. In den statistischen Angaben ist desshalb, wenn die beiden Augen desselben Individuums gemessen wurden, immer nur ein mittleres Auge in Rechnung gezogen.

2. Der Krümmungshalbmesser in der Sehlinie ρ^0 beträgt in mm:

	Maximum	Minimum	Mittel
bei Männern	8·396	7·28	7·858
bei Weibern	8·487	7·115	7·799

3. Mit Rücksicht auf den Einfluss des Lebensalters beträgt:

bei 79	Männern	im Mittel	ρ^0	=	7·858
„ 20	„	unter 20	Jahren	=	7·932
„ 51	„	„ 40	„	=	7·882
„ 28	„	über 40	„	=	7·819
„ 11	„	„ 60	„	=	7·809
bei 38	Weibern	im Mittel	ρ^0	=	7·799
„ 6	„	unter 20	Jahren	=	7·720
„ 22	„	„ 40	„	=	7·799
„ 16	„	über 40	„	=	7·799
„ 2	„	„ 60	„	=	7·607

4. Mit Rücksicht auf den Refractionszustand beträgt:

bei Männern	in 27 Emmetropen	ρ^0	=	7·785
	„ 25 Myopen	„	=	7·874
	„ 26 Hypermetropen	„	=	7·96
bei Weibern	in 11 Emmetropen	ρ^0	=	7·719
	„ 12 Myopen	„	=	7·867
	„ 15 Hypermetropen	„	=	7·767

5. Einfluss des Grades der Myopie (M)

bei Männern	M grösser als $^1/_4$	ρ^0	=	7·930
	M „ „ $^1/_{10}$	„	=	7·829
	M kleiner „ $^1/_{10}$	„	=	7·867
	(Emmetropie		=	7·785)
bei Weibern	M grösser als $^1/_4$	ρ^0	=	7·935
	M kleiner „ $^1/_{10}$	„	=	7·780
	(Emmetropie		=	7·719)

6. Einfluss des Grades der Hypermetropie (H)

bei Männern
$H = 1/5$ bis $1/10$, $\varrho^0 = 7{\cdot}935$
$H = 1/10$ bis $1/20$ „ $= 8{\cdot}010$
$H = 1/20$ bis $1/60$ „ $= 7{\cdot}939$
(Emmetropie $= 7{\cdot}785$)

bei Weibern
$H = 1/6$ bis $1/20$ $\varrho^0 = 7{\cdot}876$
$H = 1/20$ oder weniger „ $= 7{\cdot}692$
(Emmetropie $= 7{\cdot}719$).

§ 8. Bildliche Darstellung der Accommodationsbreite und der Refractions- und Accommodationsanomalien.

In § 5 haben wir gesehen, was unter Accommodationsbreite zu verstehen ist. Wir beschrieben die Accommodation als das Vermögen des Auges, sich selbst eine positive Linse hinzuzufügen, und die brechende Kraft dieser Linse war für uns das Maass der Accommodationsbreite; wir zeigten ferner, dass die Brennweite dieser Hülfslinse unmittelbar gefunden wird, wenn man die Entfernungen des Nah- und Fernpunktes vom Knotenpunkte des Auges bestimmt. Wir nannten diese Entfernungen P und R, und die Accommodationsbreite war dann $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$. Ist $\frac{1}{A}$ die Accommodationsbreite, so ist A die Brennweite der Hülfslinse, welche das Auge sich selbst hinzuzufügen vermag.

Diess Alles ist sehr klar. Dennoch erschien es wünschenswerth, das Ganze durch bildliche Darstellung übersichtlich zu machen. Ein Versuch in dieser Richtung fiel wider Erwarten gut aus. Wir können in einem Schema nicht nur die Accommodationsbreite, proportional der Länge von Linien, ausdrücken, sondern mit dem Anfang und dem Ende dieser Linien zu gleicher Zeit P und R bezeichnen und so auf einmal den Grad der Myopie und Hypermetropie des dargestellten Auges angeben. Ein Blick auf die nebenstehende Tafel (Fig. 57) wird diess erläutern. Die Länge der dicken horizontalen Linien stellt die Accommodationsbreite dar. Am obern Ende der dünneren Verticallinien sind die Entfernungen von dem Auge angegeben, in welchen deutlich gesehen wird. Die Zahlen geben in Pariser Zollen die Entfernungen an, von woher die Strahlen divergiren müssen, damit sie in einem Punkte auf der Netzhaut vereinigt werden. Die Erklärung einiger dieser Linien mag dazu dienen, die Sache in's rechte Licht zu setzen.

Die erste horizontale Linie stellt die Endpunkte und die Breite der Accommodation in einem Kinde von 12 Jahren dar. Die letztere beginnt bei ∞, d. h. in unendlicher Entfernung, und endet bei $2^2/_3$ Zoll. Diess bedeutet, dass der Fernpunkt $R = \infty$, während der Nahpunkt $P = 2^2/_3''$ ist. Das Auge ist also emmetropisch und hat eine Accommodationsbreite von $\frac{1}{2^2/_3} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{2^2/_3}$. Alles diess liest man mit einem Blicke von der ersten Linie ab.

Die fünfte Querlinie stellt die Grenzpunkte der Accommodation und die Accommodationsbreite eines 16-jährigen jungen Menschen dar. Der Fernpunkt liegt in 12″, der Nahpunkt in $2^2/_5''$ vor dem Auge ($R = 12$, $P = 2^2/_5$). Er ist also erstens kurzsichtig, und seine Kurzsichtigkeit ist so beschaffen, dass sie

Fig. 57.

Auge
Alter
1 : A = 2 22/11 22/5 22/3 3 33/7 4 41/5 6 8 12 24 ∞ 24 12 8 6 41/5 4 33/7 3
Emmetropie 12 Jahre 1 : 22/3
" 25 " 1 : 4
" 45 " 1 : 8
" 60 " 1 : 24
Myopie 1/12 16 " 1 : 3
" 1/4 40 " 1 : 8
" 1/24 65 " 1 : 24
Hypermetr. 1/24 20 " 1 : 4
" 1/12 30 " 1 : 6
" 1/4 20 " 1 : 6
" 1/2 60 " 1 : 24
Aphakie (ohne Linse)

durch Gläser von $-\frac{1}{12}$, d. i. von 12″ negativer Brennweite, neutralisirt wird. Solche Gläser geben den von unendlich entfernten Gegenständen ausgehenden Strahlen eine Richtung, als kämen sie von einem 12″ vor dem Auge gelegenen Punkte. Desshalb wird auch der Grad der Myopie durch $\frac{1}{12}$ ausgedrückt, $M = \frac{1}{12}$. Wenn nun überdiess der Nahpunkt in $2\frac{2}{5}$″ liegt, so finden wir die Accommodationsbreite $\frac{1}{A} = \frac{1}{2\frac{2}{5}} - \frac{1}{12} = \frac{1}{3}$. Alles diess ist durch die fünfte Linie ausgedrückt.

Das durch diese bildliche Darstellung ausgedrückte Prinzip besteht darin, dass durch den Abstand zweier senkrechter Linien jedesmal ein bestimmtes Maass der Accommodationsbreite ausgedrückt erscheint, und zwar beträgt die hier angenommene Einheit $\frac{1}{24}$. Beginnen wir nun bei ∞ und rechnen von da nach links, so finden wir:

über der 1. Linie 1 : 24, was einer Accommodationsbreite von $\frac{1}{24}$ entspricht,
„ „ 2. „ 1 : 12, „ „ „ „ „ $2\times\frac{1}{24}$ „
„ „ 3. „ 1 : 8, „ „ „ „ „ $3\times\frac{1}{24}$ „
„ „ 6. „ 1 : 4, „ „ „ „ „ $6\times\frac{1}{24}$ „
„ „ 7. „ 1 : $3\frac{3}{7}$, „ „ „ „ „ $7\times\frac{1}{24}$ „ etc.

Der Unterschied zwischen der Accommodationsbreite je zweier benachbarter Linien ist überdiess immer $= \frac{1}{24}$; z. B.:

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{8} = \frac{1}{24}, \quad \frac{1}{2\frac{1}{3}} - \frac{1}{2\frac{2}{5}} = \frac{1}{24} \text{ etc.}$$

Wenn wir nun den Nahpunkt und den Fernpunkt durch eine horizontale Linie verbunden haben, so brauchen wir nur zu zählen, wie viele Zwischenräume der Verticallinien dieselbe durchläuft, um zu wissen, wie vielmal $\frac{1}{24}$ Accommodationsbreite sie repräsentirt. Die erste horizontale Linie durchläuft neun Zwischenräume und repräsentirt desshalb $\frac{9}{24} = \frac{1}{2\frac{2}{3}}$ Accommodationsbreite; die sechste durchläuft acht Intervalle und entspricht desshalb einer

$$\frac{1}{A} = \frac{8}{24} = \frac{1}{3}.$$

Aus dieser Darstellung geht sehr klar hervor, dass eben so viel Accommodationskraft dazu gehört, um ein Auge von ∞ auf 8″ zu accommodiren, wie um von 8″ auf 4″; eben so viel um von 6″ auf 4″, wie um von 4″ auf 3″ zu kommen u. s. w. Mit einem Worte, die Entfernung von je zwei Verticallinien entspricht der gleichen ($\frac{1}{24}$) Accommodationsbreite, und desshalb ist jedesmal dieselbe Thätigkeit des Accommodationsvermögens erforderlich, um von einer zur andern zu kommen, d. h. das Auge muss jedesmal sich selbst eine positive Linse von $\frac{1}{24}$ vorsetzen.

Wir sehen ferner, dass sich auch rechts von ∞ Verticalllinien finden, über welchen Ziffern stehen. Diese gehören alle zum Bereich der Hypermetropie. Die Ziffern geben nämlich in Pariser Zoll an, in welcher Entfernung hinter dem Auge die einfallenden Strahlen nach einem Punkte convergiren müssen, um sich auf der Netzhaut zu vereinigen, und die achte horizontale Linie repräsentirt desshalb ein hypermetropisches Auge. Bei vollkommener Accommodationsruhe müssen die Strahlen, um sich auf der Netzhaut zu vereinigen, 24″ hinter dem Auge conver-

giren. Um in unendlicher Entfernung deutlich zu sehen, wird also das Individuum Gläser von $^1/_{24}$ nöthig haben, da durch diese parallele Strahlen die eben erwähnte Convergenz erhalten. Eine solche Hypermetropie wird folglich durch Gläser von $^1/_{24}$ neutralisirt; das Auge hat eine Linse von $^1/_{24}$ zu wenig, und wir bestimmen desshalb den Grad der Hypermetropie als $^1/_{24}$. Mit möglichst starker Anspannung des Accommodationsvermögens sieht dasselbe Auge in $4^4/_5$" Entfernung genau, von welchem Punkte desshalb in diesem Falle die Strahlen divergiren müssen, um zu einem Brennpunkte auf der Netzhaut zu kommen. Die Accommodationsbreite dieses Auges beläuft sich also zunächst auf $^1/_{24}$, um bis auf ∞ zu gelangen, und dann auf $\frac{1}{4^4/_5}$, um den Nahpunkt zu erreichen. Sie beträgt desshalb

$$\frac{1}{24} + \frac{1}{4^4/_5} = \frac{1}{4}.$$

In Uebereinstimmung mit diesem Resultate sehen wir, dass die Querlinie sich über sechs Zwischenräume erstreckt, also einer Accommodation von $^6/_{24} = ^1/_4$ entspricht.

Für den hypermetropischen Zustand des Auges sind die Entfernungen negativ, d. h. sie liegen hinter dem Auge. Wir finden desshalb auch rechts von ∞ 1 : 24 u. s. w. angegeben, und es sind in der Formel für die Accommodationsbreite $\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A}$ auch die Werthe, soweit die durch P und R ausgedrückten Entfernungen auf der negativen Seite liegen, selbst negativ. In dem oben der achten Querlinie entnommenen Beispiele war diess mit R der Fall.

Die Formel ging desshalb in $\frac{1}{P} - \left(-\frac{1}{R}\right) = \frac{1}{A}$ über und die Accommodationsbreite muss folglich als $\frac{1}{4^4/_5} + \frac{1}{24} = \frac{1}{4}$ und nicht als $\frac{1}{4^4/_5} - \frac{1}{24} = \frac{1}{6}$ berechnet werden.

Die übrigen in der Tabelle dargestellten Augen bedürfen keiner weitern Erläuterung. Das Mitgetheilte hat zur Genüge nachgewiesen, wie sich die Natur und der Grad der Ametropie sowohl, wie die Breite der Accommodation aus den Querlinien herleiten lässt.

Ich brauche nicht erst noch darauf hinzuweisen, dass wir durch die hier beschriebene Methode rasch und leicht eine Reihe von Augen, deren Accommodation wir bestimmen, registriren können, und dass sich die in dieser Weise classificirten Augen leicht nach einem bestimmten Prinzipe unter einander vergleichen lassen. Wir werden später wiederholt von dieser Methode Gebrauch machen.

Die Accommodationsbreite wird durch die brechende Kraft einer unendlich dünnen Hülfslinse ausgedrückt, von der wir annehmen, dass sie von Luft umgeben sei und ihren Knotenpunkt im vordern Knotenpunkte des Auges habe.

Ich habe denselben Ausdruck für die verschiedenen Grade der Myopie und Hypermetropie gewählt und wurde darauf durch folgenden Gedankengang geführt: Wenn wir im hypermetropischen Auge eine positive, im myopischen Auge eine negative Correctionslinse anbringen könnten, so würden diese dadurch in emmetropische Augen umgewandelt werden, und die dioptrische Stärke der dazu erforderlichen Linse würde dann den Grad der Ametropie ausdrücken. Diese Linse

ist aber durch die Kenntniss von R gegeben. Im emmetropischen Auge ist $R = \infty$; im myopischen ist R eine endliche positive und im hypermetropischen eine endliche negative Grösse. In beiden Fällen ist $\frac{1}{R}$ die dioptrische Stärke einer unendlich dünnen Linse, welche, von Luft umgeben und mit ihrem Knotenpunkte im vordern Knotenpunkte des Auges stehend, das ametropische Auge emmetropisch machen würde, ohne die Lage der Knotenpunkte zu verändern (vergl. p. 63 u. seq.). Folglich ist $\frac{1}{R}$ der numerische Ausdruck der Ametropie selbst. Das myopische Auge hat eine Linse von $-\frac{1}{R}$ zu viel, das hypermetropische eine Linse von $\frac{1}{R}$ zu wenig, so dass wir Myopie in Bezug auf Emmetropie als einen positiven, Hypermetropie aber als einen negativen Zustand ansehen können. Da also das Negative schon im Ausdrucke Hypermetropie enthalten ist, so brauchen wir nicht $H = -\frac{1}{R}$ zu schreiben, sondern können der Einfachheit wegen die Hypermetropie eben so gut durch $H = \frac{1}{R}$, wie Myopie durch $M = \frac{1}{R}$ bezeichnen.

Gegen diese Methode, den Grad der Ametropie durch die dioptrische Stärke einer Linse auszudrücken, lässt sich einwenden, dass das dioptrische System bei Ametropie durch Hinzufügen einer Linse keineswegs dem eines emmetropischen Auges gleich gemacht wird. Denn in Wirklichkeit hängt Ametropie nicht von einer Abweichung in der Stärke der Krystalllinse ab, sondern vielmehr von einer Abweichung von der normalen Länge der Sehachse. Durch Hinzufügen einer positiven Linse bei Hypermetropie erhalten wir desshalb ein stärkeres dioptrisches System mit einer kürzern Sehachse, durch eine negative Linse bei Myopie ein schwächeres System mit einer längeren Sehachse.

Dieser Einwurf ist nicht ohne einigen Grund. Denn was für die Accommodationsbreite der Fall ist, gilt nicht für Ametropie, — dass sie nämlich im Auge selbst wirklich durch eine Linse repräsentirt ist. Nichtsdestoweniger habe ich kein Bedenken getragen, dieses Maass auch für Ametropie in Anwendung zu bringen. Denn erstens empfiehlt es sich durch seine praktische Brauchbarkeit; nicht nur wird so der Grad der Ametropie durch die Bestimmung von R leicht gefunden, sondern es ist auch in dem Ausdrucke für ihren Grad zugleich die Brennweite des dieselbe neutralisirenden Glases gegeben; und zweitens ist kein anderes Maass möglich. Wollten wir, um die wirklich bestehende Abweichung festzuhalten, die Länge der Sehachse als Maass annehmen, so würden wir auf die Schwierigkeit stossen, dass sie sich im Leben nicht direct bestimmen lässt; und selbst, wenn diese Bestimmung möglich wäre, würde es keine unmittelbare praktische Indication für sie geben. Ausserdem ist nichts leichter, als die Länge der Sehachsen zu berechnen, welche ungefähr den verschiedenen Graden der Ametropie entspricht, und daraus Tabellen anzufertigen, wie man sie in den Kapiteln über Hypermetropie und Myopie antreffen wird.

Ich betrachte desshalb die von mir befolgte Methode als durchaus gerechtfertigt. Freilich ist sie nur der Form, nicht dem Wesen nach neu. Was ich als $M = \frac{1}{R}$ bezeichne, würde früher, wenn man den Grad der Myopie hätte bezeichnen wollen, als ein Grad von Myopie beschrieben sein, für welchen Gläser von $R - x$ Pariser Zoll negativer Brennweite erforderlich sind, um das Auge für parallele Strahlen einzurichten.— Der Ausdruck $R - x$ bedarf noch einer Erklärung. R ist die Entfernung des Punktes r vom Knotenpunkte k'. Die Correctionslinse wird also bei Ametropie als in k' liegend angenommen, ebenso wie die Hülfslinse, durch welche wir die Accommodationsbreite ausdrücken. Diess geschieht in der Absicht, dass die deutlichen Sehweiten ametropischer und emmetropischer Augen mit einander verglichen und in dasselbe Schema eingetragen werden können. Will man aber die Ametropie durch eine wirkliche Correctionslinse, d. h. durch ein Augenglas neutralisiren, so muss immer der

Abstand x der Correctionslinse vom Knotenpunkte des Auges in Rechnung gezogen werden, wie ich weitläufiger auseinander setzen werde.

Noch eine nicht unwichtige Frage ist zu beantworten. Wir haben die Accommodationsbreite $= \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ gesetzt. Wir finden indess, dass die thatsächliche Veränderung der Krystalllinse diesem Ausdrucke nicht ganz entspricht (vergl. p. 65), und es entsteht nun die Frage, ob die Länge der Sehachse auf den Werth $\frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ Einfluss hat, mit anderen Worten, ob bei einer gegebenen Veränderung der Linse ein Unterschied in der Accommodationsbreite gefunden wird, je nachdem das Auge emmetropisch, myopisch oder hypermetropisch ist. Die Frage lässt sich leicht entscheiden, wenn wir das schematische Auge von Helmholtz bei Accommodation für die Ferne und für die Nähe zu Grunde legen, R und P berechnen und daraus die Accommodationsbreite für verschieden angenommene Längen der Sehachse ableiten.

	Länge der Sehachse	R in Millimetern	P	$\frac{1}{P} - \frac{1}{R}$
Emmetropie	22·231	∞	136·62	1 : 136 62
Myopie	25·231	118·31	65·056	1 : 144·54
Hypermetropie	20·231	— 117·00	505.73	1 : 131·11

Hieraus geht hervor, dass dieselbe Veränderung der Linse bei längerer Sehachse (Myopie) einen kleineren, bei kürzerer Sehachse (Hypermetropie) einen grösseren Werth von $\frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ zur Folge hat. Bei Berechnung der von Knapp gemessenen Augen erhielt ich dasselbe Resultat. Der gefundene Unterschied ist aber nur gering. Bei den gewählten Längen der Sehachse war R für das myopische Auge $= 4''$, für das hypermetropische Auge $= -6''$, mithin $M = 1/4$, $H = 1/6$; und trotz dieser hohen Grade von Ametropie betrug die Abweichung in den Werthen von $\frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ in dem Falle von Myopie nur circa 6 Perc. und in dem Falle von Hypermetropie circa 4 Perc., so dass uns diese Unterschiede für praktische Zwecke keine Schwierigkeiten bereiten.

Bei dieser Vergleichung ametropischer Augen mit dem emmetropischen gingen wir von der Annahme aus, dass das dioptrische System in beiden das gleiche wäre. Diess ist jedoch nicht ganz richtig. Im Allgemeinen liegt die Linse im hypermetropischen Auge näher an der *Cornea*, im myopischen weiter von ihr entfernt. Nun hat aber eine Formveränderung der Linse um so weniger Einfluss auf die deutliche Sehweite, je weiter hinter der *Cornea* sie liegt (vergl. p. 54). Folglich wird dieser Einfluss im myopischen Auge geringer, im hypermetropischen grösser ausfallen, als im emmetropischen Auge. Darin haben wir also einen weitern Grund, wesshalb eine gegebene Veränderung der Linse bei Myopen eine geringere, bei Hypermetropen eine grössere Accommodationsbreite repräsentirt, als im emmetropischen Auge. Wenn wir nun trotzdem bei Myopen eine grössere Accommodationsbreite finden, als bei Hypermetropen, so kann das augenscheinlich nur darin seinen Grund haben, dass jene eine viel umfangreichere Veränderung mit ihrer Linse vornehmen können, als diese.

§ 9. Klinische Bestimmung der Ametropie im Allgemeinen.

Wie wir schon gesehen haben, und wie später noch klarer werden wird, üben Myopie und Hypermetropie einen grossen Einfluss auf das Sehen aus,

und sind beide mit unzähligen Augenleiden verschiedener Natur eng verbunden. Daraus ergibt sich, dass der Augenarzt es sich zur Regel machen soll, bei jedem Patienten, der sich an ihn wendet, den Refractionszustand seiner Augen zu bestimmen. Doch ist es bei acuten entzündlichen Affectionen ganz unzulässig, gleich Anfangs diese Bestimmung vorzunehmen; obwohl sie auch in solchen Fällen, wenn die Entzündung nachlässt, nicht verabsäumt werden darf. Seit langer Zeit pflege ich ihn von allen meinen Patienten anzumerken, und in den Listen meines Augenhospitals ist diesem Zwecke eine eigene Spalte gewidmet. In zahlreichen Fällen habe ich daraus grossen Vortheil gezogen.

Die Bestimmung selbst lässt sich bei einiger Uebung rasch und sicher ausführen. Ich habe mich zweier Methoden bedient. Die erste besteht darin, das Sehvermögen mit Gläsern von bekannter Brennweite zu prüfen, die zweite in der Bestimmung des Refractionszustandes mittelst des Augenspiegels.

I. Zur Anwendung der ersten Methode sind zunächst die nöthigen Gläser von $^1/_{40}$ bis $^1/_2$ und von — $^1/_{40}$ bis — $^1/_2$ und dann die nöthigen Probeobjekte erforderlich.

Die Gläser (je zwei von gleicher Brennweite) befinden sich ungefasst in einem Kasten mit einem Brillengestell, in welches sie eingelegt werden können.[1]) Auch ist es von Vortheil eine schwarze Metallplatte von derselben Grösse wie die Gläser zu besitzen, um sie in das Gestell einzufügen und dadurch ein Auge zu verdecken. Lässt man ein Auge mit dem Finger zuhalten, so ist das scharfe Sehen leicht für einige Augenblicke gestört, so dass man dieses Auge nicht unmittelbar nach dem andern untersuchen kann.

Die brauchbarsten Probeobjekte sind Buchstaben und Ziffern. Snellen[2]) hat solche nach einem regelmässigen System entworfen und so einem lange gefühlten Bedürfniss entsprochen. Die Prinzipien, die ihn dabei geleitet haben, sind folgende: —

1. Abgesonderte, einzelne Buchstaben, schwarz auf weissem Grunde, in unregelmässiger Reihenfolge.

2. Quadratische, grosse römische Buchstaben, deren vertikale Striche $^1/_5$, deren horizontale Striche $^1/_5$ der Breite der Buchstaben betragen.

3. Ausschliessung einiger Buchstaben, welche viel schwerer als die andern zu erkennen sind.

4. Aufsteigende Grösse von Nummer *I* bis *CC*, die Grösse derselben der Nummer proportional, so dass *CC* zweihundertmal grösser als *I*, *XX* zehnmal grösser als *II*, u. s. w. ist.

5. Die verschiedenen Grössen sind bei guter Beleuchtung für ein scharfes Auge in der Entfernung von soviel Fuss, als die darüberstehende Nummer angibt, erkennbar. So wird *II* in 2 Fuss, *VI* in 6 Fuss, *XX* in 20 Fuss u. s. w. unter demselben Winkel (von 5 Minuten) gesehen und in gleicher Weise von einem genau für die betreffende Entfernung accommodirten Auge unterschieden.

---

[1]) Paetz und Flohr, unter den Linden, Berlin, liefern solche Kasten mit den nöthigen positiven und negativen Gläsern. Die Kasten enthalten überdiess cylindrische, prismatische und farbige Gläser, sammt einem Brillengestell. Jägers Brillengestell (Wien, Kraft und Sohn, Kärnthnerstr. Bürgerspital, und Wolters, Kärnthnerstr. Hôtel Munsch) zeichnet sich dadurch aus, dass die Ringe, welche die Gläser aufnehmen, beweglich sind und ihre Entfernung desshalb so regulirt werden kann, dass der Patient durch die Mitte beider Gläser sieht.

[2]) Siehe auch Stellwag „Die Accommodationsfehler des Auges". Wien 1855.

Durch die Anwendung dieser Prinzipien erzielt man grosse Vortheile. Erstens gibt sich die Existenz von Ametropie sogleich kund, wenn in Bezug auf das Unterscheidungsvermögen das Verhältniss zwischen Entfernung und Grösse gestört ist. Erkennt z. B. Jemand *I* in 1′, *II* in 2′, kann aber *XX* in 20′ Entfernung nicht erkennen, so besteht Myopie u. s. w. Sieht jemand *XX* in 20′, kann aber *I* in 1′ nicht erkennen, so liegt sein Nahpunkt weiter als 1′ vom Auge entfernt, u. s. w. Zweitens lässt sich unmittelbar mit vollkommener Genauigkeit die Sehschärfe bestimmen. Wer bei richtiger Accommodation *XX* nur auf 10′ statt auf 20′ unterscheidet, hat eine Sehschärfe $S = {}^{10}/_{20} = {}^{1}/_{2}$; erkennt er *III* nur auf 1′, so ist $S = {}^{1}/_{3}$; sieht er *C* nur in 20, so ist $S = {}^{20}/_{100} = {}^{1}/_{5}$, und so weiter. Wer *C*, *LX*, *XII*, *III* nur in 1′ Abstand unterscheidet, dessen Sehschärfe ist resp. $= {}^{1}/_{100}$, ${}^{1}/_{60}$, ${}^{1}/_{12}$, ${}^{1}/_{3}$ u. s. w.

Bei der Untersuchung zur Bestimmung der Ametropie haben wir es allein mit *R* zu thun und lassen zu dem Zwecke den Patienten in eine Entfernung von etwa 20 Fuss blicken; da auf der für die Entfernung berechneten Tafel (als Beilage diesem Werke angehängt) die Nummern bis *CC* hinaufreichen, so reicht sie bis zu $S = {}^{1}/_{10}$ aus; ist *S* noch geringer, so halten wir die Tafel näher, und endlich ersetzt man in passender Weise die zu unterscheidenden Buchstaben durch die ausgestreckten Finger und die Bewegungen der Hand; die ausgestreckten Finger können als *CC*, die Bewegungen der Hand als *D* bezeichnet werden.

Für Personen, die nicht lesen können, wählt man vertical gerichtete Striche. Doch ist es bei dieser Methode schwer richtige Resultate zu erhalten; auch lassen sie ausserdem keine Vergleichung mit den mittelst Buchstaben erhaltenen zu. Es ist desshalb besser, solchen Patienten ein Paar Buchstaben und ein Paar Zeichen kennen zu lehren, was bald geschehen ist.

Die Art und Weise, wie man den ametropischen Zustand schnell erkennt, lernt man allerdings am besten durch praktische Unterweisung. Doch müssen wir versuchen, hier einige allgemeine Andeutungen über diesen Gegenstand zu geben. Wir wollen uns zu diesem Zwecke auf den klinischen Standpunkt stellen, und behalten uns eingehendere Details für die einzelnen Formen von Ametropie und die Abweichungen der Accommodation vor.

Ein zwanzigjähriger Mann stellt sich vor.

Es fragt sich, ob Ametropie vorhanden ist. — Wir geben ihm kleinen Druck — Snellen *I* bis *IV* — zu lesen.

A. Er liest *I* ohne Schwierigkeit zwischen 6″ und 12″; *II* in 2′ Entfernung. Wir schliessen daraus, erstens, dass sein Sehvermögen scharf ist, zweitens, dass er entweder emmetropisch oder doch nur leicht ametropisch ist. Wir zeigen ihm *XX* in 20′ Entfernung. Er liest auch diess. Ist nun seine Emmetropie erwiesen?

1. Mit $-{}^{1}/_{40}$ sieht er *XX* in der angegebenen Entfernung nicht besser; er ist also nicht myopisch. — Mit ${}^{1}/_{40}$ sieht er die Buchstaben schwächer, weniger schwarz, obgleich etwas grösser; er hat also keine manifeste Hypermetropie. Kann er trotz dem hypermetropisch sein? Latente Hypermetropie, die, solange die Accommodation thätig ist, sich nicht äussert, kann vorhanden sein. Sie kann nur durch Accommodationsparalyse nach Einträufelung von Atrop. sulph. gr. 1 auf dr. 2 manifest werden. Wäre sie vorhanden, so würde das Auge nun mit ${}^{1}/_{40}$, vielleicht auch mit ${}^{1}/_{24}$ oder ${}^{1}/_{16}$ viel schärfer in die Ferne sehen.

Müssen wir aber, um uns von dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein latenter Hypermetropie zu überzeugen, bei jedem Patienten das Accommodationsvermögen vermittelst Atropin lähmen? Durchaus nicht. Diess braucht nur dann zu geschehen, wenn Hypermetropie mit Grund vermuthet wird, und selbst dann müssen wir den Patienten darauf aufmerksam machen, dass er für einige Tage, besonders

nahe Gegenstände, schlechter und trüber sehen und gegen Licht sehr empfindlich sein werde. Wann ist man nun berechtigt, bei jungen Leuten latente Hypermetropie als vorhanden anzunehmen oder zu vermuthen? Wir können sie voraussetzen, wenn manifeste Hypermetropie existirt; ein Theil ist dann wegen der Thätigkeit der Accommodation immer latent; mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen können wir sie aber, 1. wenn Strabismus convergens besteht, 2. wenn asthenopische Beschwerden laut werden, und 3. wenn P für das Lebensalter beträchtlich zu gross ist. Wenn z. B. ein zwanzigjähriger Mensch bei der Untersuchung angibt, dass er in 6″ Entfernung nicht mehr deutlich lesen kann, so werden wir in 19 Fällen von 20 latente Hypermetropie auffinden. Wie später klar werden wird, ist es dann rathsam ihm Gläser zu geben.

2. Wenn er mit $-\frac{1}{40}$ in die Ferne genauer sieht, so ist er sehr schwach myopisch.

3. Wenn er mit $\frac{1}{40}$ ebenso genau sieht, wie ohne Glas, so ist manifeste Hypermetropie vorhanden. Wir nehmen dann stärkere Gläser: $\frac{1}{36}$, $\frac{1}{30}$, u. s. w., und so lange er fortfährt gleich gut zu sehen, ist die manifeste Hypermetropie nicht corrigirt. Die stärksten Gläser, mit denen er deutlich sieht, geben den Grad an. Sieht er mit $\frac{1}{24}$ noch deutlich, so ist seine manifeste Hypermetropie $= \frac{1}{24}$; und man sollte dann die totale Hypermetropie, manifeste + latente, $Hm + Hl$, bei Atropinparalyse bestimmen.

B. Er liest *I* am besten in 6″, *II* in 9″; beides auch viel näher, aber nicht ferner. Von 6″ und 9″ an wird das Lesen etwas schwieriger. Die Frage ist, ob wir Myopie oder verminderte Sehschärfe (S) vor uns haben. In 20′ Entfernung liest er weder *XX*, noch *XL*, noch *LX*, von denen das Letztere dreimal so gross, wie *XX* ist. Dadurch ist Myopie schon fast sicher gestellt. Wir versuchen $-\frac{1}{9}$. Er sieht jetzt viel genauer und liest *XXX* oder selbst *XX* in 20′; damit ist Myopie nachgewiesen. Ihr Grad ist indessen noch nicht genau bestimmt. Wir versuchten $-\frac{1}{9}$, weil die grösste Entfernung, in welcher erträglich gutes Sehen bestand, circa 9″ betrug. Beachtet man diess, so pflegt man dem Grade der Myopie ziemlich nahe zu kommen; sieht er nämlich mit $-\frac{1}{9}$, so erhalten parallele Strahlen eine Richtung, als kämen sie von einem 9″ vor dem Glase gelegenen Punkte. Durch Vergleichung mit Glas $-\frac{1}{8}$ stellt sich heraus, dass er mit diesem noch genauer sieht; mit $-\frac{1}{7}$ nicht besser, als mit $-\frac{1}{8}$, mit $-\frac{1}{10}$ entschieden weniger gut. Es besteht desshalb $M = \frac{1}{8}$.

C. Er kann *I* (oder selbst grössere Buchstaben) gar nicht oder doch nur mit Schwierigkeit lesen, in welcher Entfernung das Buch auch gehalten wird. Sein Alter schliesst Presbyopie aus, aber drei andere Fälle sind möglich: verminderte Sehschärfe (S) oder Hypermetropie oder Accommodationsparese. Ist die Pupille bei normaler Grösse frei beweglich, so ist letztere fast mit Sicherheit auszuschliessen. Das Kürzeste ist indess, ihn ohne weiters mit $\frac{1}{10}$ lesen zu lassen. Brillen mit solchen Gläsern sollten immer auf dem Tische des Augenarztes liegen. Es ist diess in sehr vielen Fällen die erste Nummer, welche er, um rasch zum Ziele zu kommen, versuchen muss. Wird *I* mit $\frac{1}{10}$ in 12″ und I' ($= 1\frac{1}{2}$) in 16″ gelesen, so kann man nicht länger an verminderte S denken, dagegen wird Hypermetropie sehr wahrscheinlich. In 20′ Entfernung wird *XL* und auch *XXX* noch erkannt, dagegen *XX* nicht mehr. Mit $\frac{1}{30}$ aber sieht der Patient besser, mit $\frac{1}{20}$ erkennt er *XX*, mit $\frac{1}{16}$ sieht er *XX* noch eben so gut; mit $\frac{1}{13}$ aber fangen die Buchstaben an zu verschwimmen. Damit ist die Existenz von Hypermetropie und zwar von $H = \frac{1}{16}$ nachgewiesen; und S ist gleichzeitig vollkommen. Bewirken positive Gläser eine wesentliche Verbesserung, ohne dass man ein Glas finden kann, mit dem *XX* in 20′ erkannt wird, so ist Hypermetropie mit verminderter S complicirt, was oft der Fall ist. In beiden Fällen sollte man nun durch artificielle Accommodationsparalyse die totale Hypermetropie bestimmen. Hätte Accommodationsparese ohne Hypermetropie bestanden, so hätte das unbewaffnete Auge in der Entfernung deutlich sehen müssen, und selbst schwache positive Gläser würden die Genauigkeit des Sehens entfernter Gegenstände vermindert haben. Dieser Zustand würde sich von Hypermetropie sogleich durch die Thatsache unterschieden haben, dass mit $\frac{1}{10}$ die Buchstaben in mehr als 10″ etwas verwaschen geworden wären, und folglich I' nicht bei 16″ hätte gelesen werden können. Wo die Complication mit verminderter S besteht, ist es nothwendig die durchsichtigen Medien

und den Augengrund mit dem Spiegel zu untersuchen. Doch fällt bei Hypermetropie diese Untersuchung häufig negativ aus, wenn *S* auch herabgesetzt ist. Nicht selten ist gleichzeitig Astigmatismus zugegen, dessen Berücksichtigung ich jedoch auf ein späteres Kapitel verschieben muss.

D. Der Patient liest *II* oder doch *IV* und *VI* in 3″, 4″ oder 5″, aber nicht weiter vom Auge. Dann ist entweder Myopie mit verminderter *S* oder hochgradige Hypermetropie vorhanden. Liest er *VIII* in 2′, so kann es kaum etwas anderes, als Hypermetropie sein. Sieht er in der Entfernung nur *LX* mit $^1/_6$, *XXX* mit $^1/_3$ weniger gut, so haben wir es mit *IIm* und zwar mit $IIm = {}^1/_6$ zu thun, und ein Theil ist noch latent. Hätte Myopie mit stark herabgesetzter *S* bestanden, so würde der Patient in 2′ Entfernung schlechter gesehen haben, und das Sehen entfernter Gegenstände würde, und das ist entscheidend, durch positive Gläser abgenommen, mit negativen dagegen zugenommen haben. Warum bei höhern Graden von Hypermetropie Buchstaben von einer gewissen Grösse ganz nahe am Auge besser, als in 1′ Entfernung gesehen werden, werde ich im Kapitel über Hypermetropie auseinander setzen.

E. Er kann, seiner Angabe nach, ganz gut und scharf sehen, besonders in die Ferne, doch ist auch sein Sehen in der Nähe gut, das Auge ermüdet aber bald und hält feine Arbeit nicht aus. Diess ist Asthenopie, von der ein besonderes Kapitel ausführlich handeln wird. Hier will ich eben nur darauf hinweisen, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle ihre letzte Ursache Hypermetropie ist. Wir müssen versuchen, ob der Patient bei 6″, 5″ und 4″ lesen kann; ob es ihm schwer wird oder nicht. Wir lassen ihn dann in die Ferne sehen; schwache Convexgläser von $^1/_{40}$, $^1/_{36}$ etc. verbessern sein Sehen oder verschlechtern es wenigstens nicht. Dadurch ist die Existenz von Hypermetropie nachgewiesen, und es bleibt uns nur noch übrig ihren Zuwachs bei artificieller Paralyse (latente Hypermetropie) zu bestimmen. Doch können ungeachtet der bestehenden Asthenopie entfernte Buchstaben durch schwache Convexgläser, z. B. $^1/_{40}$, zuweilen etwas undeutlicher werden. Lässt sich daraus schliessen, dass keine Hypermetropie bestehe? Keineswegs; es ist vielmehr fast gewiss, dass latente Hypermetropie besteht. Man muss desshalb in solchen Fällen *P* bestimmen, und hernach zur artificiellen Accommodationsparalyse seine Zuflucht nehmen. Sollte es sich dann ergeben, dass keine Hypermetropie besteht, so würde $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ ungewöhnlich klein ausfallen und die Frage entstehen, ob wir es mit einer, unendlich seltner als Hypermetropie vorkommenden, Accommodationsparese zu thun haben.

Alle diese Fälle beruhen auf der Bestimmung von *R*, mit welcher die Existenz oder Nicht-Existenz und zugleich der Grad der Ametropie gegeben ist. Ueberdiess könnte man in der einfachen, schon beschriebenen Weise den Nahpunkt bestimmen, womit zugleich die Accommodationsbreite $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ bekannt wäre. Mit zunehmenden Jahren nimmt sie ab (vergl. den Schluss des dritten Kapitels), und wird das Sehen in Folge dessen beträchtlich verändert. Desshalb war es nöthig in den angeführten Beispielen eine bestimmte Lebenszeit anzunehmen, und wir wählten einen jungen Mann von 20 Jahren. Es wird vortheilhaft sein auch einige Personen in mehr vorgerücktem Alter vorzuführen.

Ein fünfzigjähriger Mann stellt sich vor.

A. Bei guter Beleuchtung erkennt er *II* mit Leichtigkeit in 20″ und selbst in 24″, *I* in jeder Entfernung unsicher, *I* gar nicht. In 16′ erkennt er die Buchstaben von *XX*. *S* ist desshalb beinahe vollkommen. Mit $^1/_{10}$ sieht er in die Ferne weniger genau, nahe Gegenstände aber viel leichter. Wir schliessen daraus auf einfache Presbyopie und empfehlen für feine Arbeit schon den Gebrauch von Brillen.

B. Er kann ohne Brillen nicht lesen und hat schon seit zehn Jahren bei der Arbeit Beschwerden gefühlt. Er sah indess damals in die Ferne gut, während er jetzt weniger scharf sieht; *XX* erkennt er auf 20′ Abstand nicht, *XXX* unsicher, und die Buchstaben erscheinen nicht schwarz. Wir können fast mit Sicherheit behaupten, dass in diesem Falle Presbyopie mit Hypermetropie verbunden ist. Mit $^1/_{10}$ liest

er *I* in circa 12″, näher sehr schwer; *S* ist vollkommen. Dass Hypermetropie bestehe, ist genau genommen schon dadurch nachgewiesen, dass er mit $^1/_{10}$ in 12″ scharf sieht. Doch wollen wir sie bestimmen, indem wir den Patienten in die Ferne sehen lassen; mit $^1/_{30}$ sieht er so gut, wie mit $^1/_{40}$, mit $^1/_{24}$ weniger gut. *H* ist also $= {}^1/_{30}$. Mit 50 Jahren ist die latente Hypermetropie nur mehr sehr unbedeutend; wir brauchen sie daher nicht zu bestimmen. Der Patient soll für beständig Gläser von $^1/_{30}$ tragen; zum Lesen und Schreiben sind noch etwas stärkere Gläser erforderlich.

C. Er hat immer ausgezeichnete Augen gehabt, hat nahe und ferne Gegenstände vorzüglich gut gesehen, prahlt in eitler Weise mit seinen Augen; seit einigen Wochen hat er aber bemerkt, dass er mit seinem rechten Auge nicht mehr so gut in die Ferne sieht, wie bisher. Er liest *I* zwischen 6″ und 12″, *II* in 2′, *III* aber bei 3′ Abstand nicht. Wir vermuthen Myopie, der Patient stellt diess in Abrede und ist überrascht, dass er *XX* und *XXX* in 20′ Entfernung nicht erkennen kann, noch mehr aber, dass er sie mit $-{}^1/_{30}$ deutlich unterscheidet. Das Auge, mit dem er noch lesen, in die Ferne aber nicht mehr deutlich sehen konnte, zeigte sich mit Cataracta incipiens behaftet.

Diese Beispiele mögen genügen, um im Allgemeinen die Art und Weise anzugeben, wie man auf Ametropie untersucht. Als wichtig für die erste Orientirung will ich nur noch hinzufügen, dass viele Hypermetropen über asthenopische Beschwerden klagen; dass Myopen es meistens wissen, dass sie im Vergleich mit andern in die Ferne weniger gut sehen; und dass jene überdiess gewöhnlich eine engere, diese eine tiefere Augenkammer haben, während endlich das Alter Presbyopie vermuthen lässt.

Bei der Bestimmung von *R* mit Hülfe von Gläsern wurde der Abstand x des Glases vom Knotenpunkte *k* des Auges vernachlässigt. Gebraucht man Gläser von grosser Brennweite, so hat x weniger Einfluss; werden aber Gläser mit kurzer Brennweite angewendet, so muss man x in Rechnung bringen. Bei positiven Gläsern muss x von der Brennweite abgezogen, bei negativen hinzu addirt werden, wie (p. 29 und 32) schon auseinandergesetzt ist. Wenn also *M* durch $-{}^1/_6$ neutralisirt wird und $x = 1''$ ist, so ist $M = {}^1/_7$, während, wenn *H* durch $^1/_8$ neutralisirt wird, bei $x = 1''$, $H = {}^1/_7$ ist.

Der Einfluss von x kann uns auch bei der Bestimmung des Grades der Ametropie behülflich sein. Erhalten wir nämlich ein ebenso scharfes oder gar ein noch schärferes Bild mit einem gegebenen Glase, wenn wir es weiter vom Auge abrücken, so war es, wenn positiv, zu schwach, wenn negativ, zu stark. Wir erfahren so, welches Glas wir zunächst versuchen müssen. Man könnte vielleicht meinen, dass es genügen würde, einfach mit dem ersten Glase x zu bestimmen und seinen Werth in Rechnung zu ziehen. Diess würde indessen zu einem unrichtigen Resultate führen. In der That ziehen myopische Individuen es oft vor, ein zu starkes Glas nahe vor das Auge zu halten, da das Bild dann grösser ist und eine mässige Accommodationsspannung hinreicht, um es deutlich zu machen. Desshalb muss man bei Myopen zu einer endgültigen Bestimmung immer das schwächste Glas suchen, welches nahe ans Auge gehalten, ein scharfes Bild gibt. Bei Hypermetropen laufen wir weniger Gefahr, wenn man einen grossen Werth von x in Rechnung bringt; aber es ist auch in diesem Falle besser die letzte endgültige Bestimmung mittelst eines Glases vorzunehmen, welches, nahe ans Auge gehalten, scharfe Bilder gibt. Bei hohen Graden von Myopie, und wenn unbestimmte Antworten gegeben werden, wird die Untersuchung oft abgekürzt, wenn man den Einfluss schwacher Gläser,

z. B. $^1/_{40}$ und $-\,^1/_{40}$, die abwechselnd vor das stärkere, im Brillengestell befindliche Convexglas gehalten werden, bestimmt.

II. Zweitens kann man den Refractionszustand gewissermaassen mehr objectiv durch die Augenspiegeluntersuchung bestimmen. Der grosse Erfinder des Augenspiegels hat darauf nicht nur hingewiesen, sondern hat auch die Anwendung dieser Methode auf einen bestimmten Fall mitgetheilt. Ich will sie in wenigen Worten erklären. Nach bekannten Gesetzen haben die von einem Punkte der Netzhaut ausgehenden Strahlen, wenn sie nach ihrer Brechung durch die Augenmedien in die Luft austreten, dieselbe Richtung, wie die Strahlen, welche sich in demselben Punkte der Netzhaut vereinigen, beim Auffallen auf die Cornea haben. Bei $M = {}^1/_8$ liegt der Punkt r, dessen Strahlen sich auf der Netzhaut vereinigen, 8″ vor dem Knotenpunkte und in demselben Punkte r werden sich die von der Netzhaut ausgehenden und beim Austritt aus dem Auge convergirenden Strahlen vereinigen. Bei $H = {}^1/_{10}$ vereinigen sich auf der Netzhaut Strahlen, welche mit einer Convergenz nach dem 10″ hinter dem Knotenpunkte liegenden Punkte r auf die Hornhaut auffallen; und umgekehrt divergiren die von der Netzhaut ausgehenden Strahlen beim Austritt in die Luft, als kämen sie von dem genannten Punkte. Das emmetropische, in Ruhe befindliche Auge endlich, welches parallele Strahlen in der Netzhaut vereinigt, gibt den von der Netzhaut ausgehenden Strahlen, wenn sie die Luft erreichen, wieder eine parallele Richtung. In Folge dessen muss das Auge des Beobachters für parallele Strahlen eingestellt sein, wenn es ein deutliches aufrechtes Bild von der Netzhaut eines emmetropischen Auges sehen will; für convergirende dagegen, wenn es den Augengrund myopischer Personen, und für divergirende, wenn es die Netzhaut hypermetropischer Augen untersuchen will. Wenn desshalb der Beobachter seinen Refractionszustand kennt und sich der Accommodationsverhältnisse bewusst ist, mit dem er die Netzhaut eines andern scharf sieht, so kann er sich ein Urtheil über den Refractionszustand des beobachteten Auges bilden. Am besten thut man, wenn man sich durch Uebung die Fähigkeit verschafft, seine Accommodation nach Willkühr zu entspannen, also das Auge für seinen durch vorhergegangene Untersuchung bestimmten Fernpunkt einzustellen, und dann prüft, welches Glas man vor ein Auge halten muss, um die Netzhautgefässe eines andern Auges deutlich zu sehen. Um die verschiedensten Gläser vor das Auge bringen zu können, habe ich an dem Augenspiegel einen Ring anbringen lassen, in welchen die Gläser des Brillenkastens hineinpassen. Wer den sogen. grossen Jaeger'schen Augenspiegel besitzt, bedarf einer solchen Vorrichtung nicht, da man die Gläser aller Brillenkasten ohneweiters in denselben einlegen kann. Mein Auge ist emmetropisch und gewöhnt, sich bei dem Gebrauche aller möglichen optischen Instrumente für parallele Strahlen einzurichten.

Wenn ich nun ein Glas von $-\,^1/_8$ nöthig habe, um eine Netzhaut scharf zu sehen, so besteht $M = {}^1/_8$; bedarf ich $^1/_{10}$, so ist $H = {}^1/_{10}$ vorhanden. Sowohl wegen des Abstandes zwischen dem beobachtenden und dem beobachteten Auge, als auch zwischen dem Glase und dem beobachteten Auge (pp. 29 und 32) ist jedoch eine Correction nöthig, und zwar bei Myopie eine Correction in negativem, bei Hypermetropie in positivem Sinne; bei grösstmöglicher Annäherung aber reducirt sich diese auf circa 1″ und, führen wir diese Correction in die eben angeführten Beispiele ein, so wird $M = {}^1/_9$ und

$H = {}^1/_9$ gewesen sein. Aendern wir den Abstand zwischen dem beobachteten und dem beobachtenden Auge, so haben wir darin überdiess ein Mittel um zu beurtheilen, ob wir stärkere oder schwächere Gläser nöthig haben. Ist das Auge des Beobachters ametropisch, so lässt sich der Grad der Ametropie leicht in Rechnung bringen. Sind z. B. dieselben Corrections-Gläser wie oben für ein Auge mit $M = {}^1/_{18}$ erforderlich, so würden die untersuchten Augen eine $M = {}^1/_9 - {}^1/_{18} = {}^1/_{18}$, eine $H = {}^1/_9 + {}^1/_{18} = {}^1/_6$ besessen haben. Hätte umgekehrt ein untersuchendes Auge mit $H = {}^1/_{18}$ dieselben Gläser zur Correction bedurft, so würde sich in den untersuchten Augen eine $M = {}^1/_9 + {}^1/_{18} = {}^1/_6$ und eine $H = {}^1/_9 - {}^1/_{18} = {}^1/_{18}$ ergeben haben.

Bei der Untersuchung im umgekehrten Bilde ist das Urtheil über den Refractionszustand schwieriger, weil der Einfluss des vor das Auge gehaltenen Objectivglases und die Lage des Bildes sich nicht gut bestimmen lassen. Hohe Grade von Myopie verrathen sich jedoch augenblicklich, indem, ohne dass ein Convexglas vor das beobachtete Auge gehalten wird, das umgekehrte Netzhautbild vor dem Auge steht. Insofern wir nun die Entfernung dieses Bildes von seinem Auge bestimmen können, kennen wir auch den Grad der Myopie.

Damit sind die Prinzipien der Bestimmung der Ametropie mit Hülfe des Augenspiegels gegeben. Im Allgemeinen steht jedoch diese Methode an Genauigkeit der Bestimmung mit Gläsern von bekannter Brennweite nach. Die Gründe sind folgende:

1. Es fällt manchen Beobachtern schwer, beim Gebrauche des Augenspiegels ihr Accommodationsvermögen gänzlich zu entspannen, und wenn sie darin keine Sicherheit haben, so ist die Methode nicht anwendbar. Wer es auf der andern Seite durch Uebung so weit gebracht hat, dass er sein Accommodationsvermögen nicht nur vollständig entspannen kann, sondern auch den Grad der willkührlichen Accommodations-Anspannung richtig beurtheilt, der kann, wie ich aus eigener Erfahrung weiss, von dieser Methode oft einen sehr erspriesslichen Gebrauch machen.

2. Ohne Accommodationsparalyse sind wir nie vollkommen sicher, die Refraction eines Auges im Zustande der Ruhe zu bestimmen.

3. Es ist mitunter, besonders wenn starke Convexgläser erforderlich sind, schwer bei enger Pupille die Netzhaut-Gefässe deutlich zu sehen.

4. Da die Gefässe in verschiedener Tiefe der Faserschichte liegen, so bilden sie kein ganz richtig gelegenes Objekt für die Beurtheilung.

5. Ueberdiess ist ein solches Gefäss kein passender Gegenstand, um zu beurtheilen, ob wir scharf sehen. Desshalb erfordert die Methode in allen Fällen einen hohen Grad von Aufmerksamkeit.

6. Die Bestimmung in der Richtung der Sehlinie, auf die es hauptsächlich ankommt, ist meist schwer auszuführen, weil die Gegend des gelben Flecks nicht leicht zu sehen ist, oder unser Urtheil über die Genauigkeit, mit der wir ihn sehen, besonders schwer ist.

Indessen, wenn diese zweite Methode auch der ersten an Genauigkeit der Resultate nicht gleich kommt, so verdient sie dennoch unsere Aufmerksamkeit, weil sie in Fällen, wo die erste uns ganz oder zum Theil im Stiche lässt, noch anwendbar ist. Diess gilt zunächst für alle kleinen Kinder, sowie für Amaurotische oder selbst für höhere Grade von Amblyopie, wo die Kenntniss des Refractionszustandes zuweilen von grosser Wichtigkeit ist.

Ferner lässt sich durch diese Methode der Grad der Ametropie des indirecten Sehens besser und leichter bestimmen, als mit der ersten. In manchen Fällen ist es mir allein auf diese Weise gelungen mich zu überzeugen, dass die Myopie im indirecten Sehen geringer, als in der Richtung der Sehlinie war. Ausserdem gibt der Mangel des Fixirens in einem hypermetropischen Auge, das mit dem Spiegel untersucht wird, Veranlassung, dass es seine Accommodation mehr entspannt, wodurch *H*, die bei der Untersuchung mit Gläsern latent schien, manifest wurde. Endlich kann diese Methode bei simulirter Ametropie von grossem Nutzen sein.

Anmerkung zum zweiten Kapitel.

Im Anfange dieses Kapitels habe ich grossen Nachdruck darauf gelegt, wie nothwendig es sei, zwischen den Anomalien der Refraction und denen der Accommodation eine scharfe Grenze zu ziehen. Jedes Auge hat ein bestimmtes Brechungsvermögen, und mit Rücksicht auf dieses muss die erste Untersuchung gemacht werden. Das Auge mag nun emmetropisch oder ametropisch sein, in jedem Falle hat es ein Accommodationsvermögen, und diess kann normal oder abnorm sein. Desshalb ist eine abnorme Accommodation so unabhängig von dem Refractionszustande des Auges, wie irgend ein anderes Augenleiden.

In meinem Werke „*Ametropie en hare gevolgen, Utrecht. 1860*“, wie in meinen im Arch. f. O. Bd. IV, VI und VII mitgetheilten Aufsätzen habe ich die eben berührte Unterscheidung als die Grundlage einer richtigen Beschreibung und einer wissenschaftlichen Erklärung mit Bestimmtheit hervorgehoben. Stellwag von Carion ist aber der Meinung (Zeitschrift der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien 1861. Heft V. p. 80), ich hätte seiner Verdienste in Bezug auf diesen Punkt Erwähnung thun sollen. Indem ich mir vorbehalte Stellwag's Verdienste um die richtige Erkenntniss der Hypermetropie in der Anmerkung zu Kapitel VI zu würdigen, hier nur so viel.

In seiner Arbeit: „Die Accommodationsfehler des Auges“ (Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissensch. Math. naturw. Classe, B. XVI p. 187—281, April 1855) bezeichnet er „die natürliche Sehlinie als jene Accommodationslinie, für welche das Auge bei völliger Unthätigkeit des Accommodationsmuskels eingestellt ist.“

„Ihr jenseitiger Endpunkt ist immer zugleich der Fernpunkt des Auges“. (p. 199). „Insoferne das Maass des möglicher Weise auszuübenden Accommodationsdruckes in jedem Falle ein gegebenes, beschränktes ist, wird die natürliche Sehlinie auch in Bezug auf die Lage des Nahpunktes, d. i. des diesseitigen Endpunktes der kürzesten Accommodationslinie, bestimmend.“

„Dieses Maass der aufwendbaren und als Druck wirkenden Kraft des Accommodationsmuskels einerseits und die natürliche Sehlinie anderseits sind also die Factoren, welche die absolute Sehweite des Auges, die Länge der den Fern- und Nahepunkt verbindenden Linie, sowie deren Lage auf der verlängerten optischen Achse bestimmen. Die Länge und Lage dieser Linie ist nun aber der Maassstab, nach welchem allein die Norm und der Grad sich beurtheilen lassen, in welchem der dioptrische Theil der Sehfunction von den als Norm geltenden Verhältnissen abweicht. Es liegt daher auf der Hand, dass die Accommodationsfehler des Auges vom wissenschaftlichen Standpunkte aus nur eingetheilt werden können in solche, welche ihren Grund finden in anatomischen Maassverhältnissen des gesammten Augapfels oder der einzelnen lichtbrechenden Medien, weiters in solche, welche durch Functionsbeschränkung des Accommodationsmuskels bedingt sind, und drittens in solche, welche beide Momente als Ursache erkennen lassen.“

Darin ist in der That die richtige Unterscheidung zwischen den Refractionsanomalien und den Störungen der Accommodation unverkennbar enthalten. Doch verfolgte Stellwag von Carion diesen Gedanken so wenig, wie irgend ein anderer. Er fügt

vielmehr unmittelbar hinzu: „Eine solche Eintheilung erschwert jedoch die Darstellung und tritt der Uebersichtlichkeit des zu Erörternden in den Weg." Hätte er den Versuch gemacht, so würde er vielleicht erkannt haben, dass seine zweite und dritte Classe, um Accommodation und Refraction nicht von Neuem zu vermengen, in eine einzige hätte verschmolzen werden müssen, welche die Anomalien der Accommodation im Allgemeinen, unabhängig von der Refraction, enthalten hätte, und würde dann auch vielleicht die Begriffe der Myopie und Hypermetropie streng festgehalten oder sie wenigstens nicht unter die Fehler der Accommodation einbezogen haben. Er aber zieht eine ganz andere (mehr praktische?) Eintheilung vor. Er stellt der Myopie die Presbyopie gegenüber und, indem er dann zur Hypermetropie (N. B. von ihm Hyperpresbyopie genannt) übergeht, beginnt er damit, die letztere einen höhern Grad von Presbyopie zu nennen.

Die schematische Darstellung der Refractions- und Accommodations-Anomalien, in welcher der Anfang und das Ende der Linien die Punkte r und p, und die Länge der Linien die Accommodationsbreite darstellen, benützte ich zuerst in der *Nederlandsch tijdschrift voor geneeskunde*, D. II. 1858. Der Gedanke die Accommodationsbreite durch eine Linse von bestimmter Brennweite auszudrücken, findet sich schon in Young's Meisterarbeit (Philosophical Transactions 1801).

DRITTES KAPITEL.

Weitere Entwickelung der verschiedenen Bedeutungen der Accommodationsbreite.

§ 10. Zusammenhang zwischen Accommodation und Convergenz der Sehlinien. Bedeutung von $1 : A$, $1 : A_1$ und $1 : A_2$.

Soweit die Accommodationsbreite für beide Augen reicht, entspricht die Accommodation des Auges einer gegebenen Convergenz der Sehlinien. So ist das emmetropische Auge bei parallelen Sehlinien für unendliche Entfernung accommodirt; bei einer Convergenz auf 8″ auch für 8″ etc. Unverkennbar besteht also ein Zusammenhang zwischen der Convergenz der Sehlinien und der Accommodation, worauf schon Porterfield[1]) und Johannes Müller[2]) die Aufmerksamkeit gelenkt haben. Wie es scheint, haben jedoch beide Beobachter diesen Zusammenhang für absolut und causal gehalten; so dass eine bestimmte Convergenz nothwendig mit einem bestimmten Accommodationszustande verbunden sein müsse und keinen andern zulasse. Sie waren der Meinung, dass nur jenseits der Grenzen der Accommodation eine grössere oder geringere Convergenz möglich wäre, mit welcher dann die Accommodation resp. für den Nah- oder den Fernpunkt weiter verknüpft bleiben würde. Diess ist jedoch unrichtig. Schon Volkmann[3]) hat nachgewiesen, dass auch innerhalb der Grenzen der Accommodationsbreite eine solche Abhängigkeit nicht existirt, und ich[4]) lieferte dafür weitere Beweise durch einfache Versuche, durch welche man zugleich den Grad der Unabhängigkeit bestimmen kann. Die Versuche wurden theils mit Convex- und Concav-Gläsern, theils mit schwachen prismatischen Gläsern angestellt. Man kann sich leicht überzeugen, dass beide Augen zusammen sowohl ohne, als mit schwachen Concav- und Convex-Gläsern einen Gegenstand in gegebener Entfernung scharf sehen können, und dass folglich ohne Veränderung der Convergenz die Accommodation wechseln kann.

---

[1]) A Treatise on the Eye. I. p. 410. Edinb. 1759.

[2]) Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes. 1826. p. 216.

[3]) Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. 1836. p. 148.

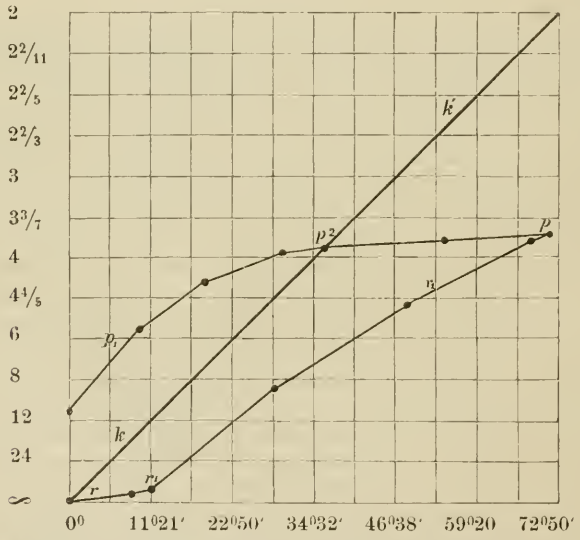
[4]) Holländ. Beiträge zu den anat. u. physiol. Wissenschaften. Herausgegeben von van Deen, Donders und Moleschott. 1846 I. p. 379.

Ebenso leicht kann man beobachten, dass man mit beiden Augen einen Gegenstand in derselben Entfernung scharf sehen kann, wenn man ein schwaches Prisma mit der brechenden Kante entweder nach innen oder nach aussen vor das Auge hält, und dass man folglich mit der Convergenz wechseln kann, ohne die Accommodation zu ändern. Wenn es also im Interesse des deutlichen Sehens mit beiden Augen erforderlich ist, so kann der Zusammenhang zwischen Convergenz und Accommodation wenigstens theilweise überwunden werden. Schon früher hatte ich angegeben, wie sich der Grad der Unabhängigkeit bestimmen lasse, und kurze Zeit nachher wurde meine Methode mit der erforderlichen Genauigkeit in Anwendung gebracht[1]).

Die Sache ist sehr einfach. Man braucht nur R und P bei parallelen Sehlinien und bei einer Anzahl von Convergenzgraden bis zum Maximum zu kennen, und diese findet man durch Berechnung der mittelst verschiedener Convex- und Concav-Gläser gefundenen Nah- und Fernpunkte. Zur genauen Bestimmung ist indessen ein eigenes Optometer erforderlich, dessen Beschreibung am Ende dieses Paragraphen folgen wird.

Die Resultate der Untersuchung der emmetropischen Augen eines 15jährigen Individuums gibt Fig. 58.

Fig. 58.



In verschiedenen Punkten der Diagonalen $K\,K'$ schneiden sich die Horizontallinien, vor welchen die Entfernungen in Par. Zollen angegeben sind, und die Verticallinien, unter welchen die den Entfernungen entsprechenden Convergenzgrade der Sehlinien angemerkt sind. Der Abstand der parallel gestellten Sehlinien beider Augen betrug $28\,1/2'''$, in welchem Falle (vergl. die

[1]) Mac Gillavry, Onderzoekingen over de hoegrootheid der Accommodatie. Diss. inaug., Utrecht, 1858.

Figur) für 12″ Entfernung eine Convergenz von 11° 21′, für 6 ″ Entfernung eine Convergenz von 20° 50′ etc. besteht. Die Linie $p_1\ p_2\ p$ bezeichnet den Verlauf des Nahepunktes, die Linie $r\ r$, den des Fernpunktes bei zunehmender Convergenz. Die Punkte in diesen Linien bezeichnen die bei der Untersuchung gefundenen Punkte.

Aus der Figur ergibt sich ferner, dass die supponirten Augen bei parallelen Schlinien von ∞ bis 11″, bei einer Convergenz von 22° 50′ von circa 12″ bis 4″.16, etc. accommodiren können. Bei p_2, wo die Nahpunktslinie die Diagonale $K\ K'$ schneidet, erhalten wir die kürzeste binoculäre deutliche Sehweite P_2. Bei noch stärkerer Convergenz, z. B. 46° 38′ bleibt die Linie $p_2\ p$ unterhalb der Diagonalen $K\ K'$, so dass für den Convergenzpunkt, welcher hier 3″ vom Auge entfernt liegt, nicht mehr accommodirt werden kann; der Nahpunkt liegt nämlich bei dieser Convergenz, wie aus der Figur hervorgeht, ungefähr bei 3″.8. Der absolute Nahpunkt liegt noch etwas näher und zwar bei 3″.69; dazu ist aber eine Convergenz von ungefähr 70° erforderlich, welche einer Entfernung von nur etwa 2″ entspricht. Mit diesem Convergenzmaximum ist aller Spielraum für die Accommodation verloren gegangen, so dass sich die Linien $p_2\ p_1$ und $r\ r_1$ schneiden.

Aus dem Vorhergehenden folgt, dass sich bei jedem, der zwei hinlänglich gleiche und bewegliche Augen besitzt, unterscheiden lässt:

1. Die grösste deutliche Sehweite R (in Fig. 58 als ∞ bei r),
2. Die kürzeste binoculäre deutliche Sehweite P_2 (in Fig. 58 = 3″.9 bei p_2).
3. Die absolut kürzeste deutliche Sehweite P bei dem Convergenzmaximum (in Fig. 58 = 3″.69 bei p).
4. Die relativ kürzesten deutlichen Sehweiten P_1 bei jeder gegebenen Convergenz (z. B. in der Fig. bei 22° 50′ P_1 = 4″.16).
5. Die relativ grössten deutlichen Sehweiten R_1 bei jeder gegebenen Convergenz (z. B. in der Fig. bei 22° 50′ R_1 = 12″).

Durch die Bestimmung dieser verschiedenen Werthe erhält man drei verschiedene Bedeutungen mit eben so viel verschiedenen Werthen der Accommodationsbreite, die sich alle aus Fig. 58 herleiten lassen.

1. Die absolute

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R},$$

2. die binoculäre

$$\frac{1}{A_2} = \frac{1}{P_2} - \frac{1}{R_2},$$

3. die relative

$$\frac{1}{A_1} = \frac{1}{P_1} - \frac{1}{R_1}.$$

In den vorhergehenden Kapiteln haben wir indess ausschliesslich von der absoluten Accommodationsbreite gesprochen, welche die Accommodation vom absoluten Fernpunkte r bis zum absoluten Nahpunkte p, für jedes Auge besonders, in sich fasst; in Fig. 58 ist sie

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{3.69} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{3.69}.$$

Die binoculäre A begreift die Accommodation von dem für beide Augen zugleich gefundenen Fernpunkt r_2 bis zu dem beiden Augen gemeinsamen Nahpunkt p_2 in sich. Da nun im emmetropischen Auge r_2 mit r zusammenfällt, so ist die binoculäre Accommodationsbreite, wie sie sich aus Fig. 58 ergibt,

$$\frac{1}{A_2} = \frac{1}{3{\cdot}9} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{3{\cdot}9}.$$

Die relative Accommodationsbreite schliesslich ist diejenige, über welche wir bei einer gegebenen Convergenz der Sehlinien verfügen können. Sie repräsentirt den Grad, in welchem die Accommodation von der Convergenz unabhängig ist, und wird für jede Convergenz durch den Abstand der Linien $p_1\ p_2\ p$ und $r\ r_1$ von einander gemessen. Mit Bezug auf Fig. 58 ergibt sich nun, dass die relative Accommodationsbreite zuerst grösser und dann immer kleiner wird, bis sie bei dem Convergenzmaximum, wo (bei p) die erwähnten Linien sich treffen, $= o$ ist. Betrachten wir die Figur genauer, so sehen wir, dass bei parallelen Schlinien

$$\frac{1}{A_1} = \frac{1}{11} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{11},$$

und dass bei einer Convergenz von $11^0\ 21'$,

$$\frac{1}{A_1} = \frac{1}{5{\cdot}33} - \frac{1}{72} = \frac{1}{5{\cdot}76},$$

schon das Maximum erreicht ist. Während einiger Grade bleibt $\frac{1}{A_1}$ dann ziemlich unverändert, bei einer Convergenz von $20^0\ 50'$ ist sie bis auf $^1/_{6{\cdot}4}$ vermindert, und im binoculären Nahpunkt bei einer Convergenz von etwa 38^0 beträgt sie noch $^1/_9$.

Es ist ferner wichtig darauf zu achten, dass die relative Accommodationsbreite aus zwei Theilen, einem positiven und einem negativen besteht. Die Diagonale $K\,K'$ gibt die Convergenz der Schlinien an, und der oberhalb dieser Diagonale gelegene Theil der relativen Accommodationsbreite $\left(\frac{1}{A_1}\right)$ ist der positive, der unterhalb derselben gelegene ihr negativer Theil. Der erstere gibt an, um wie viel näher noch, vom Convergenzpunkt an gerechnet, der letztere um wie viel weiter noch accommodirt werden kann. Das emmetropische Auge (vergl. Fig. 58) z. B. ist bei einer Convergenz von $11^0\ 21'$, d. i. auf $12''$, beim gewöhnlichen Sehen für diese Entfernung von $12''$ accommodirt, die Accommodation kann aber bei derselben Convergenz noch stärker angespannt werden, und zwar bis auf $5''.33$, und ebenso auch bis auf eine Entfernung von $72''$ entspannt werden. Das erste ergibt sich daraus, dass mit einem negativen, das zweite daraus, dass mit einem positiven Glase von bestimmter Stärke mit beiden Augen zugleich in einer Entfernung von $12''$ vollkommen genau gesehen werden kann. Bei $11^0\ 21'$ ist desshalb $p_2\ k_1$ der positive und $r_1\ k_1$ der negative Theil der relativen Accommodationsbreite. Sie lassen sich berechnen,

$$\text{der positive} = \frac{1}{5{\cdot}33} - \frac{1}{12} = \frac{1}{9{\cdot}6},$$

$$\text{der negative} = \frac{1}{12} - \frac{1}{72} = \frac{1}{14{\cdot}4},$$

so dass wir in dem untersuchten Falle bei $11^0\ 22'$ auch auf diese Weise

$$\frac{1}{A_1} = \frac{1}{9{\cdot}6} + \frac{1}{14{\cdot}4} = \frac{1}{5{\cdot}76}$$

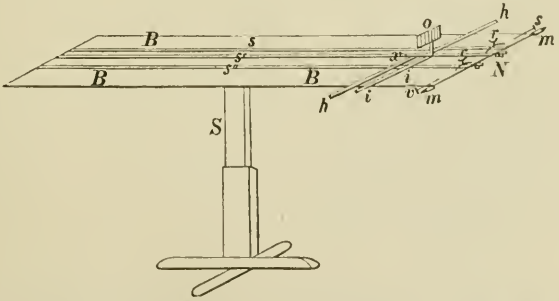
finden; also dasselbe wie oben.

Ein Blick auf die Figur lehrt uns weiter, dass im emmetropischen Auge bei ∞ (parallele Sehlinien) $\frac{1}{A_1}$ ganz positiv ist, bei wachsender Convergenz der negative Theil rasch wächst, bald auch auf Kosten des positiven Theiles, und dass bei 36^0 Convergenz $\frac{1}{A_1}$ ganz negativ geworden ist.

Die hier gemachte Unterscheidung erlangt schon durch die eine Thatsache praktische Wichtigkeit, dass man die Accommodation nur für eine solche Entfernung längere Zeit festhalten kann, bei welcher der positive Theil der relativen Accommodationsbreite im Vergleich zur negativen verhältnissmässig gross ist.

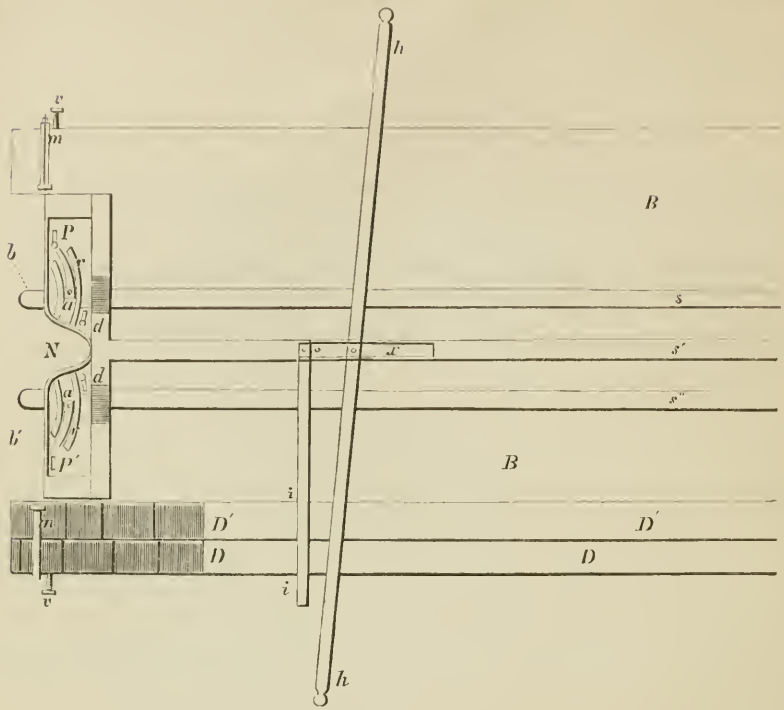
Die den verschiedenen Convergenzgraden entsprechende Accommodationsbreite lässt sich nicht an jedem Individuum in genügender Weise bestimmen. Zunächst sind dazu zwei frei bewegliche Augen mit hinreichender Sehschärfe von nahezu gleichem Refractionszustande und gleichem Accommodationsvermögen erforderlich; ausserdem aber auch einiges Beobachtungstalent. Alle diese Erfordernisse besass jenes 15jährige Individuum, welches die Daten für Fig 58 lieferte. Die Bestimmung erfordert besondere Sorgfalt. Als Object nehme man Drähte, die um so feiner sein müssen, je näher der zu bestimmende Punkt dem Auge liegt. Auch erhält man genaue Resultate, wenn man kleine Löcher (von $1/20'''$ bis $1/6'''$ Durchmesser) in einer schwarzen Metallplatte auf mattem Glase dem Tageslichte zugewendet oder feine auf schwarzem Sammt ausgestreute Quecksilberkügelchen in Anwendung bringt; sobald das Auge nicht mehr vollkommen für ein solches Loch oder für das Spiegelbild der Quecksilberkügelchen accommodirt ist, verliert dasselbe seine runde Form und schickt Strahlen aus. Man bestimme dann mit verschiedenen positiven und negativen Gläsern von bekannter Brennweite bei verschiedenen Convergenzgraden die grösste und kleinste deutliche Sehweite. Um richtige Resultate zu erhalten muss gleichzeitig Sorge getragen werden, dass der Abstand der Gläser vom Auge unverändert bleibe, und endlich, dass bei jedem Convergenzgrade die Achse des Glases wo möglich mit der Sehachse zusammenfalle. Um alle diese Bedingungen zu erfüllen, wurde zum Theil nach den Angaben von Hasner (Prager Vierteljahrsschrift 1851. Bd. XXXII. p. 166) ein Optometer construirt.

Fig. 59.



Unser Optometer besteht aus einem horizontalen, rechtwinkeligen, circa $5'$ langen und $9''$ breiten Brette $B\ B$, auf einem Fussgestelle S. (vergl. auch Fig. 60, die einen Theil dieses Brettes abbildet). Es besitzt drei parallele Furchen s, s', s'', in welche mittelst ein Paar kupferner Handhaben ($h\ h$) ein gut passender Stab x

Fig. 60.



mit einem senkrechten Aufsatz eingepasst werden kann, welcher das Stäbchenoptometer *o* oder die Platte mit den Löchern trägt. Der Abstand der beiden äussern Furchen beträgt 28 ½‴ und entspricht also parallelen Sehlinien; bewegt sich das Object, wie in Fig. 59 und 60 in der mittleren Rinne, so nehmen beide Augen gleichmässig an der Convergenz Theil. Die eine schmale Seite des Brettes hat einen Ausschnitt (*N*) für die Nase der zu untersuchenden Person und vor den Augen sind zwei Halbringe *r r* angebracht, um die Gläser aufzunehmen. Jeder dieser Ringe ist in einer bogenförmigen Rinne (*a a*) beweglich, deren Krümmungsmittelpunkt in dem Bewegungscentrum des Auges liegt, während die vordere Fläche der Hornhaut mit dem Fadenkreuz zusammenfällt, das sich in den kleinen, zu beiden Seiten angebrachten Mikroskopen *m m* befindet. Die Stellung der Augen wird durch zwei hölzerne Stäbe (*b b'*) fixirt, welche sich nach Belieben ausziehen und durch Schrauben *v v* unter dem Brette feststellen lassen, und gegen welche man sich mit den Backenknochen anlehnt. Die Rinnen, in welchen sich die Ringe bewegen, sind in zwei Kupferplatten *P P*¹ eingravirt, welche, durch Federn auseinandergehalten, durch die Schrauben *v v* einander genähert werden können. Der gegenseitige Abstand derselben lässt sich an der mit *d* bezeichneten Scala ablesen. Bei jeder Beobachtung muss der Abstand dieser Platten der Entfernung der parallelen Sehlinien von einander entsprechen. Diese Entfernung lässt sich durch das unter dem Namen Visuometer von Alfred Smee (The Eye in Health and in Disease. London 1854) beschriebene und nach der Angabe von Hawkins construirte Instrument oder durch das bekannte Listing'sche Experiment bestimmen. Ich bediene mich eines ähnlichen Instruments: Zwei kurze Cylinder von geringem Durchmesser sind längs eines getheilten Stabes beweglich; ein Auge sieht nun bei fixirtem Kopfe ein entferntes Object in dem Mittelpunkte des einen Cylinders und der zweite Cylinder wird dann so lange verschoben, bis das andere Auge denselben Gegenstand in

seinem Centrum erblickt. Jedes Auge wird dann abwechselnd eine kurze Zeit geschlossen, um sich zu vergewissern, dass das Object in der Mitte jedes Cylinders stehe, darauf blickt das Individuum noch einmal mit beiden Augen nach dem Gegenstande, und der Abstand der beiden Cylinder von einander wird an dem getheilten Stabe abgelesen; dieser Abstand endlich wird auf die Platten $P\,P'$ übertragen. Werden die Halbringe in den Rinnen $a\ a$ auf 0^0 eingestellt, so sehen die Augen entfernte Gegenstände durch die Achsen der in die Ringe eingesetzten Gläser. In dieser Stellung werden der absolute Fernpunkt r und der relative Nahpunkt p_1 bei parallelen Sehlinien bestimmt. Mit diesen Bestimmungen machen wir den Anfang: das Optometer-Object wird weggenommen und einige Meter entfernt ein Object, entweder senkrechte schwarze Striche auf weissem Grunde oder eine circa 1‴ im Durchmesser haltende, mit mattem Glase verdeckte Oeffnung in einer schwarzen Platte, aufgestellt. Wir finden r mit dem schwächsten negativen oder mit dem stärksten positiven Glase, mit dem das entfernte Object deutlich gesehen wird; p dagegen mit dem stärksten negativen oder dem schwächsten positiven Glase. Nur muss ausserdem noch der Abstand der Gläser von den Augen in Rechnung gezogen werden, und zwar lässt sich in diesem Falle, wo das Object unverändert an Ort und Stelle bleibt, der in Rede stehende Abstand nach Bedürfniss verändern, indem man die Stäbe $b\ b'$ des Optometers hineinschiebt oder herauszieht.

Sind auf diese Weise r und p_1 bei parallelen Sehlinien (Fig. 58) gefunden, so bringen wir das Object wieder auf dem Optometer an und bestimmen ohne Gläser den binoculären Nahpunkt p_2; nur bei alten Leuten und bei hohen Graden von Hypermetropie sind auch zur Bestimmung von p_2 Convexgläser nöthig. Zur weiteren Bestimmung von p_1 und r_1 bei verschiedenen Convergenzgraden stellten wir früher, (vergl. Mac Gillavry a. a. O.) das Optometer-Object in solchen Entfernungen auf, dass es genau bei einer Convergenz von 10^0, 20^0, 30^0 etc. gesehen wurde, und suchten experimentell die stärksten positiven und die stärksten negativen Gläser, mit welchen das Object in den einzelnen Entfernungen noch deutlich gesehen wurde, wenn wir jeden der beiden Ringe zu gleicher Zeit um 5^0, 10^0, 15^0 etc. drehten.

Diese Methode war anscheinend einfach und gut, gab aber trotzdem keine genauen Resultate. Durch den zu lange ausgedehnten Versuch ermüdet der Accommodationsmuskel, und trotz des grossen Aufwandes an Zeit erhält man zu grosse Abstände. Wir erhalten aber viel schneller eine hinreichende Anzahl richtiger Punkte, wenn wir die Nah- und Fernpunkte mit einigen passend gewählten positiven und negativen Gläsern bestimmen, indem wir die Entfernung des Objectes verändern und die die Gläser tragenden Ringe der Entfernung des Objectes entsprechend in den bogentörmigen Rinnen drehen. Aus den Entfernungen lässt sich leicht die Convergenz und aus den angewandten Gläsern für die gefundene Convergenz p_1 und r_1 berechnen. Dabei merke ich zuerst für jedes Glas den Nahpunkt und dann (wenn die Entfernung positiv ist und auf dem Optometer vorkommt) den Fernpunkt an; und warte darauf einige Minuten, bevor ich zu der Bestimmung mit einem andern Glase übergehe. Zuletzt wird der absolute Nahpunkt p gesucht. Diess ist aber nicht selten mit Schwierigkeiten verbunden. Jenen, welche freiwillig sehr stark convergiren können, gelingt diess oft am besten, wenn sie mit jedem Auge einzeln ad Maximum convergiren, während das andere Auge mit einer Scheibe verdeckt ist. Auch in diesen Fällen lassen sich Convexgläser anwenden. Bei geringerer Beweglichkeit der Augen nach einwärts und im Allgemeinen bei hohen Graden von Myopie fällt p mit p_2 zusammen, oder es lässt sich selbst für p_2 die nöthige Convergenz nicht erreichen.

Im Anschluss an diese allgemeine Beschreibung will ich die Art und Weise der Berechnung noch an ein Paar einfachen Beispielen genauer auseinandersetzen.

Nachdem wir r und p_1 bei parallelen Sehlinien und p_2 bestimmt haben, wozu keine Berechnung erforderlich ist, wollen wir wissen, wie gross, wenn der binoculäre Nahepunkt mit $-\ 1/12$ in 6″, d. h. bei einer Convergenz von $22^0\ 50'$ liegt, p_1 bei dieser Convergenz wirklich ist. Die von dem genau gesehenen Objecte ausgehenden Strahlen divergiren von einem 6″ vor dem Auge befindlichen Punkte, also von $(6'' - 0.5'' =)\ 5''.5$ vor dem Glase. Durch ein Glas $-\ 1/12$ gebrochen, scheinen sie von einem näher gelegenen Punkte, nämlich, da

$$\frac{1}{5\,1/2} + \frac{1}{12} = \frac{1}{3.77}$$

ist, von einem 3″.77 vor dem Glase und desshalb 3.77 + 0.5 = 4″.27 vor dem Auge entfernten Punkte auszugehen. Bei einer Convergenz von 22° 50′ ist desshalb $p_1 = 4''.27$, und diesen Werth müssen wir auf der vierten Linie, unter welcher 22° 50′ steht, auftragen.

Ein Fernpunkt r_1 lässt sich mit $-\frac{1}{12}$ nicht bestimmen, weil das gewählte emmetropische Auge durch ein Concavglas hypermetropisch wird, und r also hinter das Auge zu liegen käme. Mit $\frac{1}{12}$ dagegen lässt sich bei einer gewissen Convergenz sowohl r_1, als p_1 bestimmen. Wir wollen mit p_1 den Anfang machen. Nehmen wir an, wir haben mit $\frac{1}{12}$ den binoculären Nahepunkt genau in 3″, d. i. 2″.5 vor dem Glase, gefunden. Dann divergiren die Strahlen vor dem Glase von einem 2″.5 entfernten Punkte; nachdem sie durch das Glas gebrochen sind, scheinen sie dagegen von einem

$$\frac{1}{2{\cdot}5} - \frac{1}{12} = \frac{1}{3{\cdot}16}$$

3″.16 vor dem Glase, 3″.66 vor dem Knotenpunkte des Auges befindlichen Punkte auszugehen. Bei einer Convergenz nach 3″, d. i. von 46° 38′, liegt also p_1 bei 3″.66.

Nehmen wir ferner an, wir hätten mit denselben Gläsern $\frac{1}{12}$ den binoculären Nahepunkt bei 8″ gefunden, so kann daraus r_1 für eine Convergenz nach 8″ berechnet werden. Die Strahlen divergiren von einem 7″.5 von dem Glase entfernten Punkte, nachdem sie aber das Glas passirt haben, von einem

$$\frac{1}{7\frac{1}{2}} - \frac{1}{12} = \frac{1}{20}$$

20″ vor dem Glase, 20″.5 vor dem Knotenpunkte des Auges gelegenen Punkte. Wir machen desshalb dort, wo die Entfernung von 8″ die Diagonale schneidet, einen Punkt entsprechend der Entfernung von 20″.5. Er repräsentirt r_1 bei Convergenz nach 8″.

Durch ähnliche Berechnungen mit andern Gläsern erhalten wir Punkte genug, um $p_1\ p_2\ p$ und $r\ r_1$ zu construiren, und damit sind alle Fragen in Bezug auf die Accommodationsbreite eines Individuums beantwortet.

§ 11. Veränderung der relativen Accommodationsbreite bei den verschiedenen Refractionszuständen des Auges.

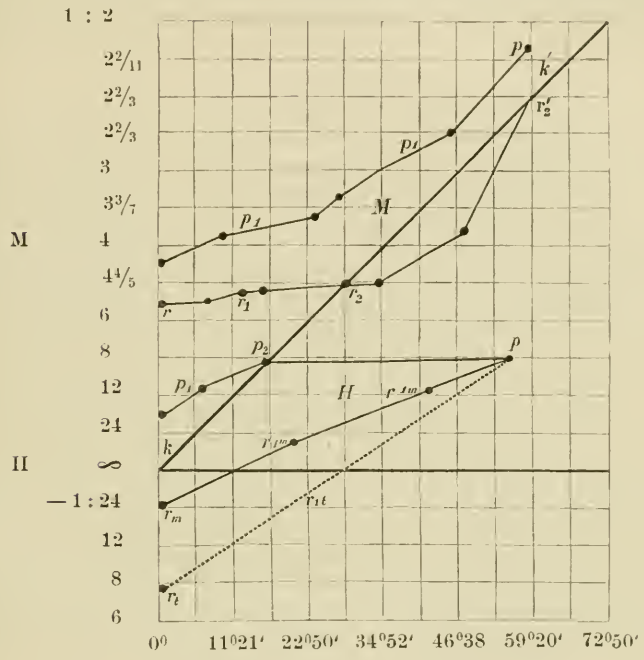
Wir schlossen den vorigen Paragraphen mit der Bemerkung, dass man die Accommodation für eine bestimmte Entfernung nur dann längere Zeit festhalten kann, wenn der positive Theil der relativen Accommodationsbreite im Vergleich zum negativen ziemlich gross ist.

Im Anschluss daran ist es von besonderer Wichtigkeit, nachzuweisen, dass die relative Accommodationsbreite in ametropischen Augen sich ganz anders verhält, als in emmetropischen Augen. Der Unterschied ist doppelter Art; erstens ist bei gegebener Convergenz das Verhältniss des positiven und des negativen Theiles von $\frac{1}{A_1}$ nicht dasselbe, und zweitens haben die Linien $p_1\ p_2\ p$ und $r\ r_1$ eine andere Form.

Sprechen wir zuerst von dem Verhältnisse des positiven und negativen Theiles von $\frac{1}{A_1}$. Wir können uns über diesen Punkt auch also ausdrücken: die relative Accommodationsbreite hat bei den verschiedenen Refractionszuständen des Auges eine ganz verschiedene Lage zur Convergenzlinie $k\ k'$. Fig. 61 erläutert diess im Einzelnen. Diese Tafel enthält die Curven der Nah- und Fernpunkte eines myopischen M und eines hypermetropischen Auges H. Beide bedürfen weiterer Erklärung. Beginnen wir mit M. Der Ausgangspunkt von $r\ r_1$ zeigt uns, dass wir es mit $M = \frac{1}{5{\cdot}33}$ zu thun haben, dessen binocularer

Fernpunkt r_2 bei 5″ liegt. Von da aufwärts, d. h. bis zu einer Convergenz von circa 28° ist $\frac{1}{A_1}$ gänzlich positiv, nach abwärts aber entwickelt sich rasch ein negativer Theil, der bei 34° Convergenz sogar die Hälfte des positiven Theiles beträgt.

Fig. 61.



Bis hierher war $\frac{1}{A_1}$ in stetigem Wachsen begriffen, und erreicht hier ihr Maximum von $\frac{3}{24}$, während die totale Accommodationsbreite $\frac{1}{A} = \frac{7}{24}$ beträgt. Von hier an jedoch nimmt $\frac{1}{A_1}$ ein wenig ab; nur der negative Theil wird mittlerweile immer grösser, und zwar bis zu circa 50°, wo mit zunehmender Schwierigkeit der Convergenz der Fernpunkt sich so sehr der Convergenzlinie zu nähern anfängt, dass er bei circa 58° mit ihr zusammenfällt. Doch ist bei diesem Maximum der Convergenz noch eine stärkere Anspannung der Accommodation möglich, wie die fast senkrecht aufsteigende Linie $r_2 p$, die hier noch $-\frac{1}{A_1} = \frac{1}{18}$ repräsentirt, anzeigt. Wir sehen daraus, dass bei hohen Graden von Myopie auch beim Convergenzmaximum noch eine gewisse Accommodationsbreite übrig bleibt, und zwar im Verhältniss um so mehr, je beschränkter die Convergenz selbst ist. Ueberdiess weist die Curventafel nach, dass bei Myopie der negative Theil von $\frac{1}{A_1}$ im Bereiche des binoculären Sehens

sehr unbedeutend ist. Auf der andern Seite ist die Convergenz oft sehr beschränkt. Daraus ergibt sich also, dass bei höheren Graden von Myopie die Schwierigkeit andauernd binoculär zu sehen, nicht von der Accommodationsspannung herrührt, sondern vielmehr von der Schwierigkeit zu convergiren.

Bei jenen Graden von Myopie, wo, wie in Fig. 61, p dem Auge näher liegt, als der Nahpunkt der Sehlinienconvergenz, fehlt p_2 und wird durch r'_2 ersetzt. Als binoculäre Accommodationsbreite lässt sich dann nichts anderes annehmen, als

$$\frac{1}{A_2} = \frac{1}{R'_2} - \frac{1}{R_2},$$

wo R'_2 den Abstand des Punktes r'_2 vom Knotenpunkte des Auges bedeutet.

Wir wenden uns nun zu dem hypermetropischen Auge H der Fig. 61. Hier finden wir gerade, wie im emmetropischen Auge (Fig. 58), $p_1\ p_2\ p$ als Nahpunktscurve und $r_m\ r_{1\,m}$ als Fernpunktscurve, beides in Rücksicht auf die Convergenz. Ausserdem finden wir aber noch eine punctirte Linie $r_t\ r_t$, welche weiterer Erklärung bedarf. Wie schon erwähnt wurde, entspannen Hypermetropen ihr Accommodationsvermögen nicht ganz. Beim Sehen in die Ferne gab das 16-jährige hypermetropische Individuum, dem das Schema in Fig. 61 entnommen wurde, Gläsern von $^1/_{28}$ den Vorzug vor stärkeren; in Folge dessen bestand $^1/_{28}$ manifeste Hypermetropie (Hm), repräsentirt durch den Punkt r_m. Nach Atropin-Paralyse des Accommodationsvermögens waren Gläser von $^1/_7$ in $^1/_2$'' Entfernung vom Knotenpunkt erforderlich, um deutlich in die Ferne zu sehen, so dass die totale Hypermetropie $^1/_{7\cdot5}$ betrug. Diess ist durch den Punkt r_t bezeichnet. Im gelähmten Zustande bleibt die Refraction bei der Convergenz unverändert; wir können desshalb nicht untersuchen, wo der Fernpunkt bei verschiedenen Convergenzgraden liegt, wenn die unwillkürliche krampfhafte Contraction nicht existirt, und $r_t\ r_t\ p$ ist folglich nur eine imaginäre Linie, welche den absoluten Fernpunkt r_t mit dem absoluten Nahpunkte p verbindet. Die totale Accommodationsbreite scheint

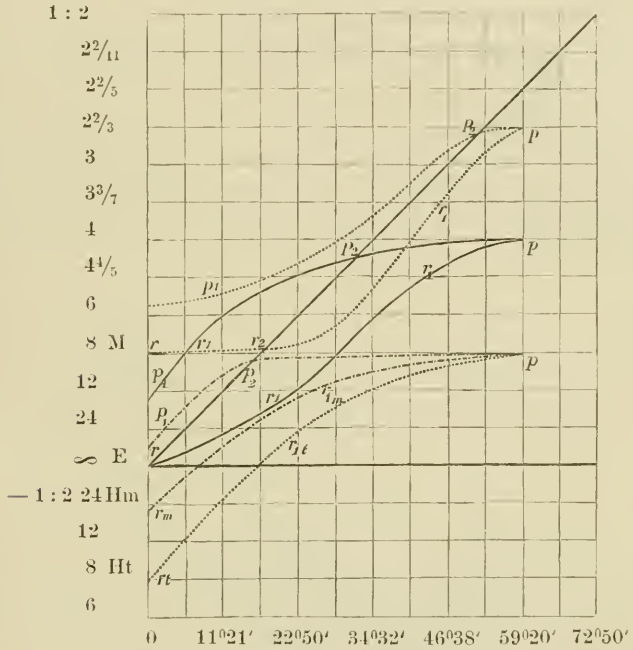
$$\frac{1}{A} = \frac{1}{8} - \left(-\frac{1}{7^1/_2}\right) = \frac{1}{3{\cdot}87}$$

zu betragen. Die relative ist, wie wir sehen, ungewöhnlich gross und nimmt bei zunehmender Convergenz ziemlich gleichförmig ab. Während bei parallelen Sehlinien ihr positiver Theil nicht unbeträchtlich ist, wird sie bei einer Convergenz nach 9'' (bei p_2) unter einem Winkel von 16^0 bis 17^0 vollständig negativ und bleibt von da an negativ. Vom absoluten Fernpunkt r_t an gerechnet, beträgt der positive Theil bei parallelen Sehlinien nur die Hälfte des negativen; rechnet man aber vom manifesten Fernpunkte r_m, so ist der positive Theil Anfangs allerdings grösser, bei einer Convergenz von 5^0 kehrt sich aber das Verhältniss um. In Verbindung mit dem oben angeführten praktischen Ergebnisse kommen wir somit zu dem Schlusse, dass Augen mit einem solchen Grade von Hypermetropie nicht lange hinter einander für den Durchschnittspunkt ihrer Sehlinien accommodirt sein können. Bei noch höheren Graden von Hypermetropie ist, wie wir später sehen werden, das binoculäre und bei den höchsten Graden (absolute Hypermetropie) auch das monoculäre Sehen niemals scharf.

Wir müssen jetzt die Form der Curven näher ins Auge fassen.

Schon in Fig. 61 sahen wir, dass die Curven von Myopie nach oben concav, die von Hypermetropie nach oben convex sind. Vergleichen wir damit Fig. 58, so ergibt sich, dass die Curven für das emmetropische Auge die Mitte zwischen denen für Myopie und Hypermetropie halten. Der Grund davon liegt in der Thatsache, dass bei leichter Convergenz ein myopisches Auge verhältnissmässig weniger, ein hypermetropisches dagegen mehr (es ist freilich auch dazu gezwungen!) accommodiren kann, als ein emmetropisches Auge. Fig. 62 wird

Fig. 62.



diess deutlich machen. Sie enthält die Curven der als Functionen der Convergenz berechneten Nah- und Fernpunkte sowohl für das emmetropische *E* (die mittleren ausgezogenen Linien), als für das myopische *M* (die punctirten Linien) und das hypermetropische Auge *H* (die aus Strichen und Punkten bestehenden Linien); $\frac{1}{A}$ ist dabei, um leichter vergleichbare Werthe zu haben, $= {}^1/_4$ und das Convergenzmaximum $= 59^0\ 20'$ angenommen. Die Buchstaben *E, M, H* stehen bei den Fernpunkten, um den Refractionszustand anzugeben; *Hm* (manifeste Hypermetropie) steht vor r_m, dem manifesten Fernpunkt, *Ht* (totale Hypermetropie) vor r_t, dem absoluten Fernpunkt. Uebrigens haben die Buchstaben dieselbe Bedeutung, wie in Fig. 61. Eine genaue Betrachtung der Figur lehrt uns nun:

1. Dass bei parallelen Sehlinien das emmetropische Auge etwa ${}^1/_3$, das myopische nur ${}^1/_{4\cdot5}$, das hypermetropische dagegen ${}^3/_5$ seines totalen Accommodationsvermögens in Anwendung bringen kann.

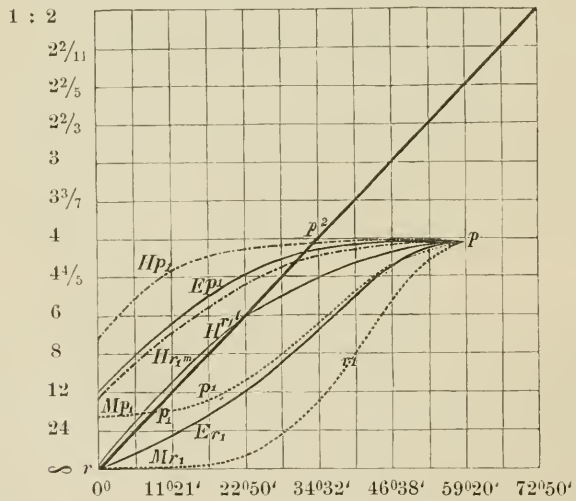
2. Dass bei leichter Convergenz das myopische Auge viel weniger, das hypermetropische dagegen viel mehr accommodiren kann, als das emmetropische Auge. Man vergleiche insbesondere die Curve $r\,r_1$, welche für das myopische Auge Anfangs fast transversal verläuft, für das hypermetropische steil aufsteigt.

3. Dass bei stärkerer Convergenz die Accommodation des myopischen Auges sehr zunimmt, die des hypermetropischen dagegen nur wenig. Wie wir sehen, hält bei einer Convergenz von 18° die Curve $p_1\,p_2\,p$ des hypermetropischen Auges eine nahezu transversale Richtung ein, während die Curven des myopischen Auges hier entschieden zu fallen anfangen.

Die Figur wird auch auf jede andere Frage, die sich aufdrängen mag, leicht antworten. Es scheint desshalb überflüssig, noch länger bei diesem Gegenstande zu verweilen.

Die nachgewiesenen Unterschiede sind praktisch von grosser Wichtigkeit. Es folgt nämlich unmittelbar aus ihnen, dass, wenn die Ametropie durch Gläser neutralisirt (r auf ∞ gebracht) wird, das Auge keineswegs einem emmetropischen Auge von gleicher Accommodationsbreite vollkommen gleich wird, was sich leicht aus den Curven nachweisen lässt. Noch deutlicher geht es aber aus Fig. 63 hervor, in welcher die Curven der Fig. 62 (als Ep_1 und

Fig. 63.



Er_1, als Mp_1 und Mr_1, als Hp_1 und Hr_{1m} und Hr_{1t}), jedoch in der Weise wiederholt sind, dass r in allen auf ∞ gebracht ist.— In § 13 werden wir sehen, dass die Reduction der Ametropie nicht ganz ohne Einfluss auf die Form der Curven bleibt. Dieser Einfluss ist jedoch so gering, dass wir ihn hier unberücksichtigt lassen können.

Die Figur lehrt uns, dass das neutralisirte myopische Auge seinen binoculären Nahpunkt bei 16″ hat, so dass $\frac{1}{A_2}$ nur den vierten Theil von $\frac{1}{A}$

beträgt; und dass umgekehrt für's hypermetropische Auge der binoculäre Nahpunkt p_2 dem absoluten nahezu gleich ist. Ueberdiess wird im myopischen Auge $\frac{1}{A_1}$, selbst bei 8^0 bis 9^0 Convergenz, gänzlich negativ, während im hypermetropischen $\frac{1}{A_1}$, bei mehr als 30^0 Convergenz noch ganz positiv ist. Daraus ergeben sich für das binoculäre Sehen schon bei mässiger Convergenz Schwierigkeiten; für das neutralisirte myopische Auge, weil es unter diesen Umständen zu schwach, für das neutralisirte hypermetropische, weil es zu stark accommodirt.

Die Ursache dieser Verschiedenheit ist ohne Weiteres klar; sie ist die Folge der Gewöhnung. Das myopische Auge hat bis zu einem gewissen Grade zu convergiren gelernt, ohne sein Accommodationsvermögen in demselben Verhältnisse, wie das emmetropische Auge in Thätigkeit zu versetzen. Desswegen bleibt der binoculäre Fernpunkt (Fig. 62, Mr), obgleich bei ziemlich beträchtlicher Convergenz gesehen, fast ebensoweit vom Auge, wie der absolute Fernpunkt Mr. Auf der andern Seite aber hat das Auge keine Uebung darin, bei leichter Convergenz einen relativ grossen Theil seiner Accommodation in Thätigkeit zu versetzen, weil es bisher keine Veranlassung dazu hatte. Das hypermetropische Auge dagegen fand sich veranlasst, um deutlich zu sehen, selbst bei parallelen Sehlinien sein Accommodationsvermögen auf's Aeusserste anzustrengen, und hat es darin soweit gebracht, dass es nicht mehr im Stande ist, dasselbe gänzlich zu entspannen, so dass sich schliesslich bei dem Bestreben zu sehen, der Accommodationsact unwillkürlich einstellt. Da ferner bei zunehmender Convergenz ein unverhältnissmässig grosser Theil der Accommodationsbreite beständig in Wirksamkeit tritt, so kann es nicht befremden, dass die relative Accommodationsbreite beträchtlich verschoben ist.

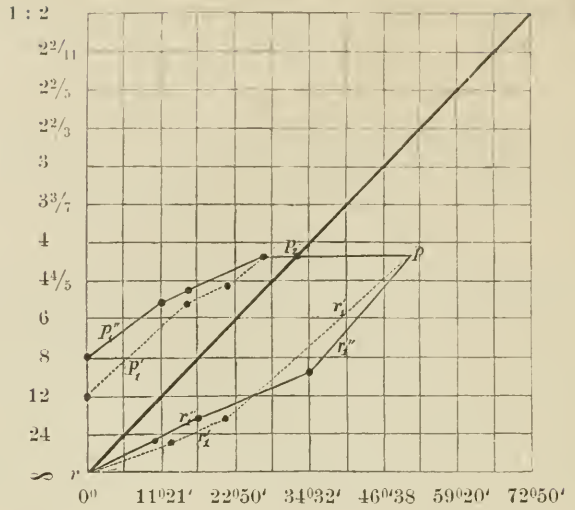
Dass Uebung in der That die eben beschriebene Veränderung verursachen kann, dafür haben wir folgende Beweise:

1. Der Gebrauch positiver oder negativer Gläser hat selbst nach Verlauf nur weniger Stunden einen Einfluss auf die Accommodationsbreite des emmetropischen Auges. Fig. 64 veranschaulicht die Wirkung, welche der Gebrauch negativer Gläser ausübt. Sie bezieht sich auf ein junges, 21jähriges, emmetropisches Individuum, welches bei leichter Convergenz etwas weniger, als gewöhnlich accommodiren kann. Die punktirten Curven stellen den Verlauf seines Nah- und Fernpunktes dar. Als es sich einmal durch einige Tage negativer Gläser bedient hatte, erhielt es bei wiederholter Untersuchung die ausgezogenen Curven, welche, wenigstens p''_1 p_2 p, sich viel genauer an die Curven hypermetropischer Personen anschliessen, als die punktirten. Hätte es die Concavbrillen längere Zeit getragen, so würde, gerade wie bei Hypermetropen, permanente Contraction eingetreten und r würde nicht bei ∞ geblieben sein. So wurde es in den ersten Minuten nach Abnahme der Brillen auch hier schon gefunden.

Auf der andern Seite lässt der Gebrauch von Convexgläsern das Accommodationsvermögen bei einer gewissen Convergenzgrösse rasch abnehmen; wie es ja allgemein bekannt ist, dass es besonders, wenn man zu früh Convexgläser getragen hat, viel schwerer fällt ohne dieselben viel zu lesen, als früher.

2. Die relative Accommodationsbreite ametropischer Personen verschiebt sich, wenn sie längere Zeit Correctionsgläser getragen haben, so dass sie sowohl

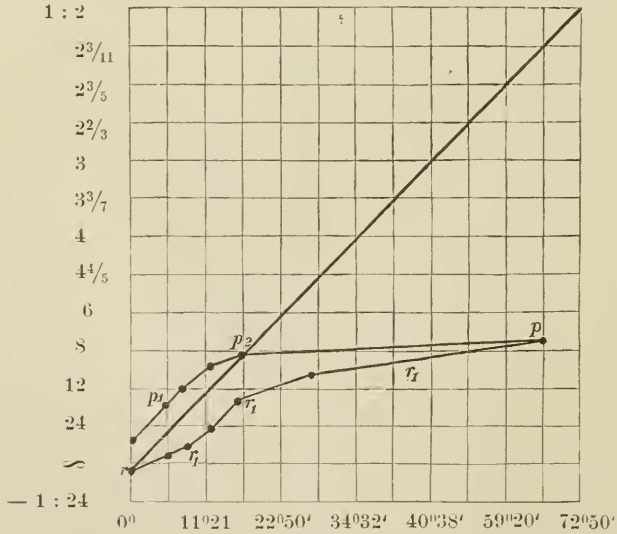
Fig. 64.



bei Myopen, als bei Hypermetropen allmälig der bei Emmetropen ähnlich wird.

3. Bei der Abnahme der Accommodationsbreite mit zunehmenden Jahren nähern sich die Curven des emmetropischen Auges schon, ehe die eigentliche

Fig. 65.



Presbyopie ihren Anfang nimmt, denen der hypermetropischen Augen. Fig. 65 ist der naturgetreue Ausdruck der Accommodationsbreite eines 44-jährigen emmetropischen Individuums. Für senkrechte Linien besitzt es eine Spur von

Hypermetropie, so dass r jenseits ∞ liegt. Um sich zu überzeugen, dass bei erforderlicher Uebung die Curve $p_1\ p_2\ p$ sich besonders der eines hypermetropischen Auges genähert hat, brauchen wir nur zu bedenken, dass das Accommodationsmaximum schon bei einer Convergenz auf 9″ nahezu erreicht ist.

In dem folgenden über Brillen handelnden Kapitel, sowie bei Gelegenheit der beiden Formen von Ametropie werde ich auf die wichtige, im vorhergehenden Kapitel gemachte Unterscheidung zurückkommen.

VIERTES KAPITEL.

Ueber Brillen und ihre Wirkung im Allgemeinen.

§ 12. Verschiedene Arten von Brillen.

In der Augenheilkunde sind verschiedene Arten von Brillen in Gebrauch, welche zu sehr verschiedenen Zwecken getragen werden.

I. Schutzbrillen. Wir unterscheiden zwei Arten:

a. Solche, welche nur dazu dienen den mechanischen Einfluss fremder Körper, wie Staub, Metall-, Stein- und Kohlensplitter, etc. abzuhalten. Sie haben nichts mit der Brechung des Lichtes zu thun, und verdienen desshalb hier keine weitere Berücksichtigung.

b. Brillen, um das Licht abzuhalten. Diese bestehen meist aus gefärbtem, grünem, besonders aber aus blauem Glase, welches das Auge weniger reizt. Im Allgemeinen verdienen indess, wenigstens bei Tageslicht, die grauen, sogenannten Neutral-Gläser (London smoke) den Vorzug. Das weisse, von den verschiedenen Gegenständen in den ihnen eigenthümlichen Farben reflectirte Sonnenlicht ist der der Netzhaut adäquate, natürliche Reiz, und von guten Neutral-Gläsern werden diese Strahlen ziemlich gleichmässig abgeschwächt. Denselben Zweck suchte man (Fischer) früher dadurch zu erreichen, dass man zwei complementär gefärbte Gläser combinirte. Auf jeden Fall ist es wünschenswerth wo möglich das ganze Gesichtsfeld gleichmässig zu verdunkeln, was ziemlich vollständig durch grosse, runde, uhrglasähnliche Gläser, sogonannte Muschelgläser, erreicht wird, noch vollkommener jedoch durch Seitenklappen von Seide oder einem andern halbdurchsichtigen Stoffe, oder von Glas von derselben Farbe, wie die Brillen, obgleich gegen die letzteren ihr grösseres Gewicht in die Wagschale fällt. Das seitlich einfallende Licht hat, wenn gefärbte Gläser vor dem Auge angebracht sind, einen doppelten Nachtheil. Die seitlich gelegenen Gegenstände werden dann nämlich durch Contrastwirkung in der Complementärfarbe der Brillen gesehen, und im übrigen Gesichtsfelde erscheint die Complementärfarbe noch intensiver als Nachbild, sobald die Brillen abgenommen werden. Personen, die an Reizung der Netzhaut oder an Photophobie im Allgemeinen leiden, kann man den Gebrauch Licht absorbirender Brillen anrathen, wenn sie gezwungen sind, sich zeitweise grellem Lichte auszusetzen. Zu Hause, in temperirtem Lichte sollten sie dieselben jedoch bei Seite legen. Doch darf man nicht ausser Acht lassen, dass solche

Gläser, wenn sie in der Sonne getragen werden, um so heisser werden, je mehr Licht sie absorbiren; sehr dunkle Gläser müssen desshalb als besonders schädlich für das Auge betrachtet werden. Frauen kann man, wenn es nöthig ist das Licht zu temperiren, Schleier anempfehlen.

II. Stenopäische Brille, stenopäische Lorgnette, stenopäischer Apparat. Leichte Trübungen der brechenden Medien, besonders der Hornhaut, verursachen oft bedeutende Herabsetzung der Sehschärfe. Die Ursache davon muss nicht so sehr in theilweiser Reflexion und Absorption der Lichtstrahlen, als in der Diffusion des durch die Trübungen hindurchdringenden Lichtes gesucht werden, wie sich leicht nachweisen lässt. Aus dem ganzen Gesichtsfelde fällt Licht auf jede umschriebene Trübung und verbreitet sich von letzterer nach allen Richtungen durch das ganze Auge. In Folge dessen wird auch in der Gegend des gelben Fleckes nicht nur von dem in der Richtung der Sehlinie gelegenen Gegenstande ein Bild entworfen, sondern über diesem Bilde ist beim Vorhandensein durchscheinender Flecken gleichmässiges, vom ganzen Gesichtsfelde herrührendes Licht ausgebreitet. Dieses diffuse Licht wirkt aber sehr störend. In der That sind in Folge dessen die Beleuchtungsunterschiede des durch regelmässige Brechung entworfenen Bildes viel schlechter wahrzunehmen. Gerade, wie wenn man durch wirklichen Nebel sieht, legt sich das diffuse Licht auf das schon relativ schwächere Bild, und desshalb machen solche Flecken auch geradezu den Eindruck, als sähe man durch wirklichen Nebel hindurch. Der einzige Unterschied ist der, dass der Nebel sich bei entfernteren Gegenständen noch bemerkbarer macht, und dass das durch eine Trübung der durchsichtigen Medien bedingte Nebelsehen alle Gegenstände unabhängig von der Entfernung in gleicher Weise afficirt. Es ist bekannt, dass Trübungen viel weniger störend einwirken, wenn das Auge, vom Lichte abgewandt, einen bestimmten Gegenstand betrachtet. Wenn ein Gemälde oder ein anderer Gegenstand an dem Pfeiler zwischen zwei Fenstern hängt und durch ein drittes Fenster im Rücken des Beobachters beleuchtet wird, so wird der Beobachter es viel genauer sehen und die Contraste von Licht und Schatten viel deutlicher wahrnehmen, wenn die beiden Fenster geschlossen, als wenn sie offen sind. Die Erklärung dieser Thatsache ergibt sich aus dem Früheren. Vorausgesetzt, dass die offenen Fenster kein Licht auf den Gegenstand werfen, sendet das Object in beiden Fällen in gleichem Grade Licht ins Auge, welches regelmässig gebrochen ein gutes Bild in der Gegend des gelben Fleckes entwirft; wenn aber ausserdem durch die zu beiden Seiten des Objectes befindlichen Fenster Licht in die Augen fällt, so werden auch in diesem Falle von den erleuchteten Punkten zahllose Lichtstrahlen über das Bild am gelben Flecke geworfen, welches dadurch wie mit einem weissen Flor bedeckt erscheint. Selbst wenn keine Trübungen vorhanden sind, wird immer etwas Licht im Auge zerstreut, und so wird selbst das normale Auge, besonders in etwas vorgerücktem Alter, die Empfindung haben, als sähe es durch einen Flor, wenn die Fenster bei dem eben beschriebenen Versuche geöffnet sind. Wir wissen ferner, dass, wenn Trübungen vorhanden sind, Abschluss des Seitenlichtes mit der Hand, Sehen durch eine Röhre etc., die Schärfe der Bilder vermehrt. Wieder ist es das Abhalten des seitlich einfallenden Lichtes, das sich von der Trübung aus durchs ganze Auge zerstreut, welches hier wohlthätig wirkt. Die daraus sich ergebende praktische Regel heisst desshalb: Um bei bestehenden Trübungen relativ gut

zu sehen, beleuchte man vorzugsweise den kleinen Theil des Gesichtsfeldes, über welchen sich die Beobachtung erstrecken soll, und halte das Uebrige so dunkel wie möglich. Diese Betrachtungen über den nachtheiligen Einfluss der Trübungen führten mich auf die Anwendung stenopäischer Hülfsmittel. Ihr Zweck ist, das Licht, welches auf die Trübungen fallen würde, abzuhalten und durch eine Oeffnung so viel wie möglich nur demjenigen Lichte Einlass zu gewähren, welches einer regelmässigen Brechung an dem normalen Theile der brechenden Oberflächen unterworfen ist. Die enge Oeffnung ist dabei das Wesentliche und daher der Name stenopaeisch (von στενός, eng, und ὀπή, Guckloch). Um das Gesichtsfeld nicht unnöthig zu beschränken, muss die Oeffnung so nahe wie möglich am Auge sein, und, um alles Seitenlicht noch besser abzuhalten, kann man sie mit einem trichterförmigen Walle umgeben. Im Allgemeinen gebe man der Oeffnung die Form und ungefähr die Grösse des durchsichtigsten Theiles derjenigen Partie der brechenden Oberfläche, welche der Pupille entspricht; sie kann also nach Umständen rund, oval oder schlitzförmig sein. Selten wird der Durchmesser kleiner, als 1^{mm} sein, oft wird er $2 - 3^{mm}$ betragen.

Der stenopäische Apparat, ein unentbehrlicher Artikel unter den diagnostischen Hülfsmitteln des Augenarztes, ist ein sehr kurzer mit einer Handhabe versehener Cylinder, an dem dem Auge zuzuwendenden Ende offen und an dem andern Ende mit einer Oeffnung versehen, vor welcher ein Diaphragma mit mehreren kleineren Oeffnungen von verschiedenem Durchmesser angebracht ist, welches sich so drehen lässt, dass man der Reihe nach durch jede dieser Oeffnungen sehen kann. Es gibt auch stenopäische Apparate mit einem Schlitze, der weiter und enger gemacht werden kann.[1]) Mit Hülfe dieses Apparates lässt sich untersuchen, ob die Sehschärfe nach dem stenopäischen Prinzipe zunimmt, was vom diagnostischen Gesichtspunkte aus oft von Wichtigkeit ist; überdiess gewinnen wir eine Indication, ob das Prinzip mit Vortheil anzuwenden ist, und welche Grösse des Loches am meisten Nutzen bringt. Von dem erhaltenen Resultate können wir dann beim Verschreiben einer stenopäischen Brille oder Lorgnette Anwendung machen. Da sie das Gesichtsfeld zu sehr beschränken, so ist das stenopäische Prinzip für Brillen zum Gebrauch auf der Strasse im Allgemeinen nicht zu empfehlen. Dagegen leisten solche Brillen, wenn sie mit den erforderlichen Gläsern ausgestattet sind, zuweilen beim Lesen sehr gute Dienste. Die Hauptanwendung findet das Prinzip indessen in der stenopäischen Lorgnette. Viele Leute, die an Trübungen leiden, haben schon aus eigenem Antriebe ihre Zuflucht dazu genommen, das seitlich einfallende Licht mit der Hand, oder indem sie absichtlich die Lidspalte verengern etc., abzuhalten, um die Sehschärfe zu verbessern; immerhin wird dieser Zweck aber am vollkommensten vermittelst einer stenopäischen Lorgnette erreicht.

Hat der durchsichtig gebliebene Theil eine längliche Form, so wird eine schlitzförmige Oeffnung dienlich sein. Im Allgemeinen ist es beim Lesen ein grosser Vortheil, wenn eine horizontale Spalte den Zweck erreicht; man sollte diess daher immer versuchen. Befindet sich die Trübung nur auf einer Seite,

---

[1]) Diese, wie stenopäische Brillen und Lorgnetten, sind vorräthig bei Paetz und Flohr, Berlin unter den Linden, 14.

so gewährt es einen grossen Vortheil, wenn man ein gewöhnliches Brillenglas vor der getrübten Stelle schwärzt (z. B. durch schwarzen Lack). Die einfachsten stenopäischen Brillen sind im Allgemeinen jene, in welchen die wünschenswerthe Form der Oeffnung als einziger nicht geschwärzter Theil des Glases gelassen ist, wobei auch durch dunkle Stoffe an der Schläfenseite das von diesem Punkte einfallende Licht abgehalten werden kann. Das Glas kann für gewöhnlich plan sein, sonst aber dem Bedürfnisse des Auges entsprechend einen bestimmten Focus haben. In einigen Fällen, u. a. nach Extractionen habe ich es sehr vortheilhaft gefunden, das Glas theilweise zu schwärzen. Beim Lappenschnitt nach unten wird der untere Theil der Cornea nicht selten etwas trübe, besonders wenn die Iris sich in die Wunde gelegt hatte oder gar ein wenig prolabirt war. Die Störung ist dann um so grösser, weil auch die Pupille dadurch nach unten verzogen und wahrscheinlich die Krümmung der Hornhaut etwas unregelmässig wird, so dass das Lesen mit gewöhnlichen Convexgläsern mit grossen Schwierigkeiten verbunden oder selbst ganz unmöglich ist. Dasselbe wird aber in der überraschendsten Weise erleichtert, wenn das Glas bis zu einer bestimmten Höhe, über welcher hinweg das Auge sieht, geschwärzt wird, während die Strahlen, welche den untern undurchsichtigen und unregelmässigen Theil der Hornhaut treffen würden, abgehalten werden. Bei dieser Art, das Glas zu gebrauchen, wird das Sehfeld nur nach unten beschränkt; und weder das Lesen, noch selbst das Sehen im Allgemeinen ist in irgend einer Weise behindert.

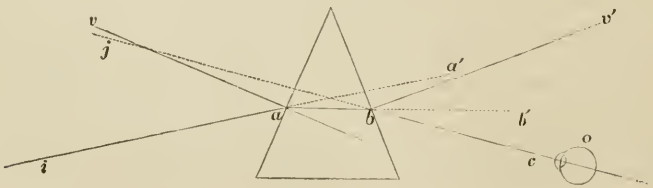
Schliesslich will ich noch erwähnen, was specieller auf die Refractionsanomalien Bezug hat, nämlich dass mir die stenopäische Lorgnette auch bei den höchsten Graden von Myopie sehr wesentliche Dienste geleistet hat, besonders dann, wenn gleichzeitig *S* in verhältnissmässig hohem Grade gelitten hatte, so dass schon aus diesem Grunde allein der stenopäische Apparat hier nicht mit Stillschweigen übergangen werden durfte (vid. Arch. f. Opth. Bd. I. p. 270). In solchen Fällen ist das Sehen naher Gegenstände, wenigstens mit einem Auge, mit keiner andern Unbequemlichkeit verbunden, als dass der Gegenstand sehr nahe, auf 3″ oder noch weniger, an's Auge gebracht werden muss. Das Sehen in die Ferne jedoch ist äusserst unvollkommen und wird durch die Concavgläser, welche die Myopie neutralisiren, verhältnissmässig wenig verbessert. Wenn mit ihrer Hülfe auch die Bilder genauer gesehen werden, so werden sie gleichzeitig so viel kleiner, dass ein amblyopisches Auge doch wenig unterscheidet und desshalb keineswegs befriedigt ist. In solchen Fällen nun thut eine stenopäische Lorgnette mit enger Oeffnung sehr gute Dienste, indem sie hier in wohlbekannter, von der oben besprochenen jedoch ganz verschiedener Weise durch Verkleinerung der Zerstreuungskreise wirkt. Es ist klar, dass die Grösse der Zerstreuungskreise bei unvollkommener Accommodation mit der Grösse der Basis des Lichtkegels (der Pupille) wächst. Nun ist in höhern Graden von Myopie die Pupille gewöhnlich sehr weit und die Störung beim Sehen in die Ferne aus diesem Grunde verhältnissmässig sehr gross, und gerade desshalb bringt eine stenopäische Lorgnette eine so grosse Verbesserung hervor. Wenn ein Kurzsichtiger durch eine Oeffnung von $^1/_2$‴ bis 1‴ Durchmesser sieht, so unterscheidet er in der Ferne so gut, wie mit Gläsern, welche seine Myopie unvollständig neutralisiren, und hat dabei den Vortheil, dass die Gegenstände grösser erscheinen. Um sich davon zu überzeugen,

mache sich ein Emmetrop durch ein Convexglas myopisch, dann wird er, wenn er durch eine feine Oeffnung sieht, die beschriebene Wirkung erhalten, und kann dabei den partiellen Ausgleich der künstlichen Myopie schätzen. In derselben Weise kann man auch innerhalb des Nahpunktes durch Verkleinerung der Zerstreuungskreise mit Hülfe einer kleinen Oeffnung erträglich gut unterscheiden und dadurch kleine Gegenstände viel näher am Auge und mithin unter viel grösserem Winkel betrachten. In beiden Fällen erleiden wir indess Einbusse an Licht und an Ausdehnung des Gesichtsfeldes. Licht verlieren wir um so mehr, je kleiner die Oeffnung ist, und desshalb ist es bei Myopie oft angezeigt die Oeffnung nicht sehr klein zu wählen, aber mit der stenopäischen Lorgnette ein Glas zu verbinden, welches die Myopie zum Theil neutralisirt. Das Gesichtsfeld wird desto kleiner, je weiter die Oeffnung vom Auge absteht. Combinirt man daher ein negatives Glas mit der stenopäischen Lorgnette, so thut der Patient gut, die kleine Oeffnung dem Auge zuzuwenden, wenn es ihm besonders darum zu thun ist, ein grosses Gesichtsfeld zu haben, die Concavlinse dagegen, wenn er vorzugsweise eine grössere Genauigkeit im Sehen zu erreichen wünscht.

III. Prismatische Gläser und Brillen. Prismen werden gebraucht, um durch Brechung des Lichtes an zwei Flächen das bekannte Spectrum zu erhalten. Der Winkel, den die beiden brechenden Flächen mit einander machen, ist der brechende Winkel des Prismas. Zu dem erwähnten Zwecke wählt man einen grossen Winkel; die meisten Prismen sind daher im Durchschnitt dreieckig, und jeder der drei Winkel beträgt 60^0. Man macht sie gewöhnlich aus Flintglas, um bei beträchtlicher Ablenkung zugleich eine bedeutende Farbenzerstreuung zu erhalten. Zu ophthalmologischen Zwecken dagegen wird nur eine geringe Ablenkung gefordert, und wir benützen desshalb Prismen mit kleineren brechenden Winkeln, von 3^0 bis 24^0. Ausserdem muss man eine Sorte Glas wählen, welche im Verhältniss zu ihrem Brechungsvermögen die Farben nur wenig zerstreut, z. B. Crownglas. In den sogen. Brillenkasten finden sich gewöhnlich sechzehn Nummern solcher Prismen. Die Zahlen III bis XXIV geben die brechenden Winkel in Graden, von 3^0 bis 24^0 an. Für die niedern Nummern sind die Ablenkungswinkel (in der Lage der letzten Ablenkung) ungefähr gleich dem halben brechenden Winkel; für die höhern Nummern sind sie etwas grösser. Will man sie genau kennen, so ist es nöthig, die Abweichungen für jedes Glas besonders zu bestimmen.

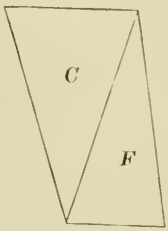
Die Ablenkung des Lichtes durch prismatische Gläser ist die Ursache, warum Objecte durch solche Gläser gesehen, in einer andern Richtung zu liegen scheinen. Sei i (Fig. 66) ein Lichtpunkt, ia ein bei a auf die eine bre-

Fig. 66.



chende Fläche des Prismas fallender Strahl, so nähert sich dieser dem Einfallslothe $v\,a$, statt in derselben Richtung $a\,a'$ weiterzugehen, und verläuft innerhalb des Prismas als $a\,b$; in b angekommen, verändert er seine Richtung wieder, indem er jetzt beim Uebergange aus Glas in Luft sich von der Normalen $v\,b$ abwendet und als $b\,c$ das Auge O erreicht. Augenscheinlich wird der Punkt i in der Richtung $b\,c$, etwa in j gesehen. Dabei erleiden indess die brechbareren Strahlen des violetten Endes eine grössere Ablenkung, als die weniger brechbaren des rothen Endes, und daraus ergibt sich eine Störung durch farbige Ränder an den Gegenständen, welche mit der Stärke der Prismen zunimmt und welche besonders bei Anwendung stärkerer Prismen schwer zu beseitigen ist. Um eine Ablenkung ohne Farbenzerstreuung zu erhalten, müsste man das Prisma aus zweien, einem C (Fig. 67) von Crownglas und einem zweiten F von Flintglas, zusammensetzen, welche einander entgegenwirkend die Dispersion ganz, die Refraction nur zum Theil aufheben. Solche achromatische Prismen werden indess, wenn eine Ablenkung von wenigen Graden gefordert wird, zu dick und zu schwer zu tragen. Dieser Fehler liesse sich theilweise vermeiden, wenn man die Prismen sehr schmal machte. Es gewährt nämlich keinen Vortheil breite Prismen als Brillen zu verwenden, da man, um möglichst deutlich zu sehen, immer ungefähr unter dem Winkel des Ablenkungsminimums durch das Glas sehen muss. Bisher sind indessen achromatische Prismen noch nicht in Gebrauch gekommen.

Fig. 67.



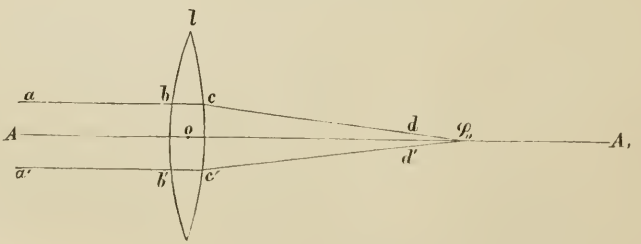
Fälle von Ablenkung der Sehlinien haben zuerst darauf geführt, prismatische Gläser praktisch zu verwenden. Auf den Gedanken, jemanden trotz solcher Ablenkung mit beiden Augen einfach sehen zu lassen, kam zuerst mein Freund Krecke, Dr. Phil. in Utrecht, und ich versuchte dann seinen Gedanken auszuführen und physiologisch zu erklären.[1]) Bei Versuchen mit solchen Gläsern boten sich sogleich drei bemerkenswerthe Erscheinungen dar. Erstens ergab sich, dass man unwillkührlich den Trieb fühlt, durch Veränderung in der Richtung der Sehlinien das aufgetretene Doppeltsehen zu beseitigen. Halten wir das Prisma mit dem brechenden Winkel nach einwärts, so bedarf es einer stärkern Convergenz um die Doppelbilder zum Verschmelzen zu bringen, und diess wird meist unwillkührlich bewerkstelligt. Entfernt man das Prisma, so treten wieder Doppelbilder auf, welche ihrerseits wieder sogleich durch Verminderung der Convergenz vereinigt werden; nur dann, wenn das Prisma lange Zeit vor dem Auge gehalten wurde, besteht eine Zeitlang Tendenz zu vermehrter Convergenz. Zweitens schien es, dass die Sehlinien in der Regel nur sehr wenig zu divergiren vermögen und kaum im Stande sind, selbst unter dem Zwange des binoculären Einfachsehens, nach oben und nach unten abzuweichen. Im Allgemeinen muss das Prisma bei aufwärts gewendeter Kante sehr schwach sein, um den Beobachter entfernte Gegenstände noch einfach sehen zu lassen; und dasselbe schwache Prisma ruft nicht zu überwindende Doppelbilder hervor, sobald die brechende Kante nach oben oder nach unten gerichtet wird. Hat aber der Beobachter nach lange fortgesetzten Versuchen es endlich dahin

[1]) Nederlandsch Lancet, uitgegeven door F. C. Donders, G. L. H. Ellerman en J. H. Jansen, 2. Ser. D. III., pp. 227 and 233, 1847

gebracht, die (im letzten Falle) übereinanderstehenden Doppelbilder zu verschmelzen, so fliessen die jetzt bei der Entfernung des Prismas entstehenden Doppelbilder nicht augenblicklich wieder in eins zusammen. — Drittens kann man sich leicht von dem, worauf schon oben (p. 110) hingewiesen wurde, überzeugen, dass man nämlich unter dem Einfluss eines mit der Kante nach innen oder aussen gewendeten Prismas mehr oder weniger stark convergiren kann, ohne seine Accommodationsspannung verändern zu müssen. Die mit Hülfe der prismatischen Gläser erhaltenen Resultate sind von wesentlicher Bedeutung für die Physiologie und in mancher Hinsicht auch für die Pathologie des Auges. Die Prismen dienen aber ausserdem zu verschiedenen praktischen Zwecken der Augenheilkunde, was, zum Theil ahnend vorhergesehen, besonders durch von Gräfe praktisch nachgewiesen ist. So finden sie eine geistreiche Anwendung bei der Diagnosis verschiedener Muskelanomalien und der Bestimmung ihrer Grade. Sie lassen sich verwenden, um unheilbare, zwar nicht beträchtliche, aber doch verwirrende Doppelbilder hervorrufende Abweichungen der Sehlinien nach aussen, oben und unten zu corrigiren, oder von Insufficienz der Mm. recti interni abhängende muskuläre Asthenopie zu beseitigen. Man kann ferner bei Parese eines Muskels dem Leiden mit Hülfe eines Prisma in so fern entgegentreten, als die Muskeln, um die durch das Prisma einander genäherten Doppelbilder zu vereinigen, zu stärkerer Contraction angeregt werden, was für die Therapie der Parese nicht ohne Bedeutung zu sein scheint. Endlich, und das verdient hier besonders erwähnt zu werden, sind Prismen auch bei Refractionsanomalien nicht ohne Wichtigkeit. Sie lehren uns, dass hypermetropische Individuen besser in der Nähe sehen, wenn sie, durch ein mit der brechenden Kante nach einwärts gehaltenes Prisma sehend, im Interesse des Einfachsehens stärker convergiren können, als der Entfernung des Gegenstandes entspricht, eine Thatsache, in welcher die Entstehung des Strabismus in Folge von Hypermetropie hauptsächlich begründet ist. Später wird sich zeigen, dass es mitunter auch vortheilhaft ist, das Prinzip der prismatischen Gläser in der Weise anzuwenden, dass man den Abstand beider (sowohl concaver, als convexer) Gläser so wählt, dass die Augen excentrisch durch die Gläser sehen, wodurch gerade wie beim Gebrauch von prismatischen Gläsern die Richtung, in welcher ein Object gesehen wird, verändert wird.

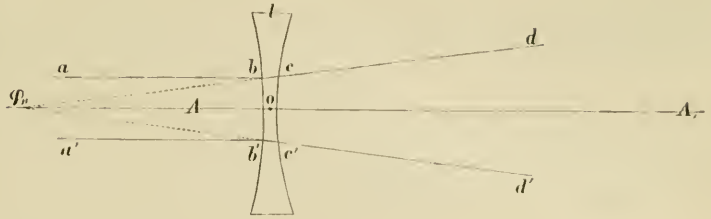
IV. Sphärische Gläser, gewöhnliche Convex- und Concav-Brillen. Gläser, welche die Grenzen des deutlichen Sehens verrücken, heissen Linsen. Es gibt zwei Arten, welche beide zu Brillengläsern verwendet werden: Sammellinsen (Fig. 68 *l*), welche parallele Strahlen (*a b* und *a' b'*) convergent ma-

Fig. 68.



chen ($c\,d$ und $c'\,d'$), und Zerstreuungslinsen (Fig. 69 l), welche parallele Strahlen

Fig. 69.



($a\,b$ und $a'\,b'$) divergent machen ($c\,d$ und $c'\,d'$). Eine Sammellinse hat ihren Hauptbrennpunkt φ'' auf der entgegengesetzten Seite, eine Zerstreuungslinse auf derselben Seite, von welcher die Strahlen herkommen. Jene vereinigt die Strahlen in einem reellen Brennpunkt, diese vereinigt sie nicht wirklich, sondern zwingt sie eine Richtung anzunehmen, als wenn sie von dem Punkte φ'' ausgingen, in welcher sich die Verlängerungen von $c\,d$ und $c'\,d'$ (die punktirten Linien) schneiden; dieser Punkt φ'' heisst desshalb auch virtueller Brennpunkt.

Die biconvexen (Fig. 68), plan-convexen und concav-convexen Linsen oder positiven Menisken (mit kürzerem Radius der convexen Oberfläche) sind Sammellinsen; Zerstreuungslinsen dagegen sind biconcave (Fig. 59), plan-concave und convex-concave Linsen oder negative Menisken (mit kürzerem Radius der concaven Oberfläche). Die plan-convexen und plan-concaven haben bei gleicher Stärke die grösste Aberration und sind desshalb als Brillen zu verwerfen. Besser entsprechen die biconvexen und biconcaven. Die Menisken haben vor jenen den Vorzug, dass, wie Wollaston gezeigt hat, die Bilder weniger leiden, wenn der Beobachter schief (unter einem Winkel zur Achse) durch sie hindurchsieht, so dass sich also die Augen ungenirter hinter ihnen bewegen können. Sie heissen desshalb auch periskopische Gläser (περισκοπεῖν, umhersehen). Doch können wir auch durch biconvexe und biconcave Gläser, wenn sie nicht zu stark sind, in genügend schiefer Richtung hindurchsehen, und bei hohen Nummern haben die periskopischen Gläser wieder den Nachtheil grösserer Schwere. Schon aus diesem Grunde allein also verdienen die letzteren nicht unbedingt den Vorzug. Fügen wir noch hinzu, dass unter gewissen Umständen die periskopischen Gläser durch Reflexion an der concaven, dem Auge zugekehrten Oberfläche störend auf das Sehen einwirken, und dass sie überdiess etwas theurer sind, so wird es nicht überraschen, dass sie die biconvexen und biconcaven Gläser nicht ganz verdrängt haben.

Biconvexe und biconcave Gläser werden auf beiden Seiten mit gleichem Radius geschliffen. Das optische Centrum liegt desshalb in der Mitte der Linse auf der Achse $A\,A_1$ (Fig. 68 und 69). Man nennt ferner die Entfernung des Brennpunktes φ'' vom optischen Centrum o gewöhnlich die Brennweite F. Diess ist jedoch nicht ganz correct, denn in Wirklichkeit ist F die Entfernung des Brennpunktes vom Hauptpunkte der Linse. Für gewöhnliche, nicht sehr dicke Linsen mit gleichen Radien für beide Oberflächen, d. i. für die gewöhnlichen biconvexen und biconcaven Brillengläser, ist diese Ungenauig-

keit nicht von grosser Bedeutung; bei Menisken aber muss man die Hauptpunkte bestimmen, um die Lage der Brennpunkte zu kennen und im Stande zu sein, die Entfernung des Brennpunktes vom Hauptpunkte als F in Rechnung zu ziehen.

Die Figuren 70, 71, 72 und 73 geben der Reihe nach für eine biconvexe

Fig. 70.

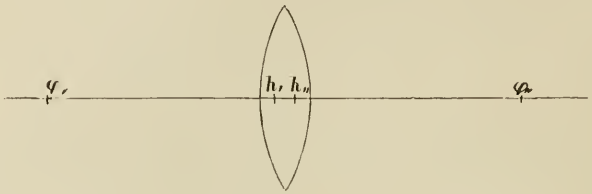


Fig. 71.

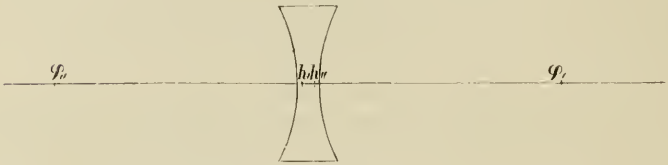


Fig. 72.

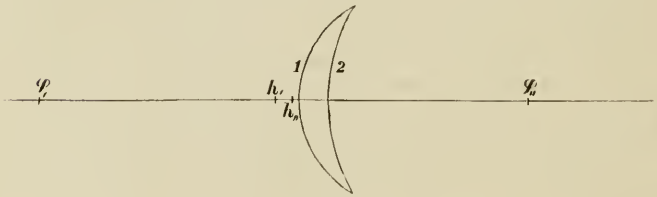
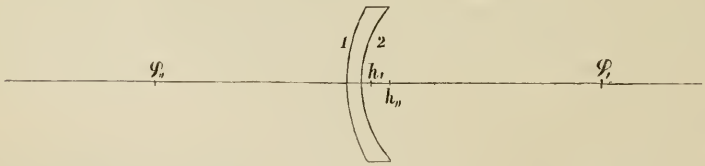


Fig. 73.



und biconcave Linse, für einen positiven und einen negativen Meniskus die Lage der ersten und zweiten Hauptpunkte h, und $h_{,,}$ und der ersten und zweiten Brennpunkte φ, und $\varphi_{,,}$ an. Die Strahlen, welche parallel mit der Achse auf die erste Oberfläche fallen, haben ihren Brennpunkt in $\varphi_{,,,}$, diejenigen, welche von der andern Seite mit der Achse parallel auf die zweite Oberfläche fallen, vereinigen sich in φ,. Für eine von Luft umgebene Linse ist immer

$h, \varphi, = h_{,,} \varphi_{,,} = F$. Wenn nun, wie in Fig. 70 und 71, die beiden Flächen von gleicher Krümmung sind, so werden die Punkte $h, \varphi,$ und $h_{,,} \varphi_{,,}$ augenscheinlich symmetrisch in der Achse liegen. Sind aber die Flächen nicht gleich gekrümmt, und ist gar die eine concav, die andere convex, wie in Fig. 72 und 73, so haben die Punkte $h, h_{,,}$ eine andere Lage und können selbst ausserhalb der Glasmasse liegen, und die Brennpunkte $\varphi,$ und $\varphi_{,,}$ liegen dann auch in verschiedenen Entfernungen von der Linse.

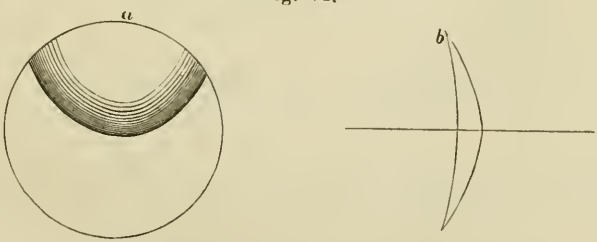
Aus denselben Gründen ist es keineswegs einerlei, welche Fläche solcher Linsen dem Auge zugekehrt ist. Ich werde auf diesen Punkt zurückkommen, wenn von dem Einfluss des Abstandes zwischen Glas und Auge die Rede sein wird. Wer genauer auf die Bedeutung der Hauptpunkte eingehen will, wird das Nöthige auf pp. 43 und 44 finden.

Die Stärke (die sammelnde oder zerstreuende Kraft) einer Linse steht in umgekehrtem Verhältnisse zu ihrer Brennweite F. Sie lässt sich desshalb für Sammellinsen mit $\frac{1}{F}$ und für Zerstreuungslinsen mit $-\frac{1}{F}$ ausdrücken. Den Werth von F geben wir, gerade wie in dem numerischen Ausdruck für die Accommodationsbreite, in Pariser Zollen an; Gläser von $^1/_6$, von $-\ ^1/_4$ etc. sind desshalb Gläser von 6″ positiver, von 8″ negativer Brennweite etc.

Ausser den oben beschriebenen Brillengläsern gibt es noch andere mit verschiedener Brennweite in ihrer obern und untern Hälfte. Franklin war leicht myopisch und hatte ein geringes Accommodations-Vermögen, desshalb brauchte er zum Sehen in die Ferne eine Concav-, zum Sehen in die Nähe eine Convex-Brille. Da wir nun beim Sehen nach nahen Gegenständen durch die untere, beim Sehen in die Ferne durch die obere Hälfte der Brillengläser blicken, so combinirte er zwei Hälften, die eine von einem negativen, die andere von einem positiven Glase, die negativen Hälften nach oben, die positiven nach unten gerichtet, und half auf diese Weise seinem Mangel an Accommodation sehr gut ab. Solche Brillen haben nach dem Gelehrten, der sich ihrer zuerst bedient hat, den Namen Franklin'sche Brillen erhalten.

Vor Kurzem hat man den Versuch gemacht, dasselbe Ziel, welches Franklin verfolgte, dadurch zu erreichen, dass man die obere Hälfte der Brillengläser an der vom Auge abgewendeten Seite nach einem andern Radius schleifen liess. Solche Gläser verfertigt man in Paris unter den Namen „verres à double foyer". Fig. 74 *a* bietet die Flächenansicht eines solchen oben leicth, unten in

Fig. 74.



stärkerem Grade convexen Glases; *b* ist ein Durchschnitt desselben Glases. Ich gebe nur an, welche Brennweite ich für die obere und untere Hälfte haben will, und habe gefunden, dass meine Angaben immer genau ausgeführt werden, sowohl

wenn ich in beiden Hälften nur eine verschiedene positive oder negative Brennweite, als wenn ich oben eine negative, unten eine positive Brennweite verlange. Im Allgemeinen entsprechen solche Brillen gut. Unerlässlich ist es, dass sie sich in der richtigen Höhe vor dem Auge befinden, so dass die Strahlen beim Blick in die Ferne nur durch die obere, beim Sehen nach nahen Gegenständen allein durch die untere Hälfte zur Netzhaut gelangen. Auch ist es nöthig, dass die Veränderung der Sehrichtung mehr durch Bewegung des des Kopfes, als der Augen bewirkt werde. Wenn die Pupille gerade der Grenze zwischen beiden Hälften gegenüber liegt, so wird das Sehen natürlich sehr gestört sein.

Das Material, aus dem die Brillengläser angefertigt werden, ist keineswegs ohne Bedeutung. Flintglas und besonders Bergkrystall sind härter und die daraus geschliffenen Gläser werden nicht so leicht verkratzt. Diess macht diese Stoffe insbesondere für Convexgläser, welche dem Verkratzen um so viel mehr ausgesetzt sind, empfehlenswerth. Doch muss gegen den eben erwähnten Vorzug der Nachtheil in Anschlag gebracht werden, dass Flintglas sowohl, wie Bergkrystall das Licht stärker verstreuen. Desshalb muss für starke Gläser wieder dem Crownglas der Vorzug gegeben werden. Diess gilt insbesondere von den Concavgläsern, und was die Convexgläser von Crownglas anbetrifft, so erleichtert ihr niedriger Preis es, die verkratzten durch neue zu ersetzen.

Achromatische Gläser eignen sich zu Brillen nicht. Werden Gläser von kurzer Brennweite erfordert, so ist die Achromasie mit zu grossem Gewicht verbunden, und genügen Gläser von grosser Brennweite, so ist sogar bei Anwendung von Bergkrystall die Farbenzerstreuung störend.

Ebenso wichtig, wie der Augenspiegel für die objective Diagnose der Augenkrankheiten, ist eine Sammlung von Brillengläsern für ihre subjective Untersuchung. Solche Gläser sind unentbehrlich nicht nur für die Bestimmung der Refractions- und Accommodations-Anomalien, sondern auch in vielen Fällen für die Bestimmung der Sehschärfe, so dass eine Prüfung der Augenfunctionen ohne sie geradezu nicht möglich ist.

Die gewöhnlichen Brillenkasten enthalten:

1. Achtundzwanzig Paar biconvexe Gläser, und zwar von 2, $2^1/_4$, $2^1/_2$, 3, $3^1/_2$, 4, $4^1/_2$, 5, $5^1/_2$, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 36, 40, 48, 60, 72 und 100 Zoll positiver Brennweite.

2. Achtundzwanzig Paar biconcave Gläser von derselben, aber negativen Brennweite.

3. Zwölf oder sechzehn prismatische Gläser mit brechenden Winkeln von 3^0, 4^0, 5^0, 6^0, 7^0, 8^0, 9^0, 10^0, 12^0, 14^0, 16^0, 18^0 (oder bis 24^0).

4. Ein Brillengestell mit elastischen Ringen, in welches sich diese Gläser einsetzen lassen.

5. Einige viereckige, 6″ lange, $1^1/_2$″ breite Stücke blauen Glases von verschiedener Nüance, die man vor beide Augen zugleich halten kann

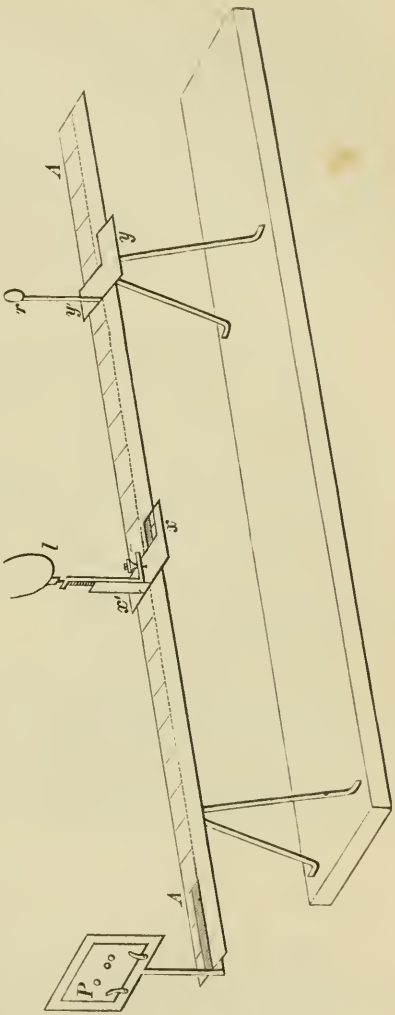
6. Ein carminrothes Glas, wohl zu verwenden, um bei Doppelbildern eines derselben zu färben.

Auf den Convex- und Concavgläsern sind die Brennweiten mit einem Diamant eingeschrieben. Dasselbe ist mit vielen im Handel vorkommenden Brillen der Fall, doch darf man sich auf die eingegrabenen Nummern nicht verlassen, sondern muss die Brennweite jedesmal durch Vergleichung mit Normalgläsern controlliren. Die Methode ist sehr einfach. Wir prüfen mit unserm eigenen Auge, mit welchem Glase sie in ihrer vergrössernden oder verkleinernden Eigenschaft übereinstimmen. Als Probeobject wende ich zwei feine Parallellinien an. Ich halte nun das Glas ziemlich weit (circa 1′) vom Auge und so weit vom Papier entfernt, dass ich die zwei Linien durch das Glas genau sehe. Dann halte ich die Normalgläser zur

Vergleichung in derselben Ebene mit dem zu prüfenden Glase und kann mit hinreichender Genauigkeit bestimmen, mit welchem von diesen es übereinstimmt.

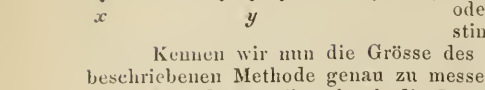
Die directe Bestimmung der Brennweite eines Glases ist schwieriger. Das einfache Messen der Entfernung, in welcher das Sonnenbild hinter einem Convexglase auf einem Schirm aufgefangen wird, gibt nur einen Näherungswerth. Dasselbe gilt natürlicherweise von der Bestimmung der conjugirten Brennweiten einer Flamme und ihres Bildes, woraus sich dann die Hauptbrennweite berechnen lässt. Verschiedene andere Methoden, die man angegeben hat, führen nicht zu genaueren Resultaten. Sehr genaue Resultate erhielt ich aber, indem ich sowohl die Grösse eines Gegenstandes, als seines dioptrischen Bildes mit Hülfe des Ophthalmometers maass (vergl. p. 17). Als Object dienten mir drei kleine Oeffnungen in einer sehr dünnen, schwarzen Metallplatte (Fig. 75. *P*), hinter welcher vor einer Oeffnung in einem grossen Schirm die aus mattem Glase bestehende Kugel einer hell brennenden Lampe aufgestellt war. Die Platte ist an dem einen Ende eines genauen Maassstabes aus Kupfer (*A A'*) befestigt, der auf einem Fussgestell ruht. Auf demselben lässt sich ausserdem eine kleine Platte (*xx'*) mit einem Linsenhalter (*N*) hin und her bewegen, welche bei *x* einen Nonius besitzt, an welchem man $^1/_{20}$''' ablesen kann. Auf demselben Maassstabe (*A A'*) lässt sich eine zweite Platte (*y y'*) verschieben, welche einen kleinen Ring (*r*) trägt. Die Mittelpunkte der beiden Ringe und die Mitte des Bildes (der drei Oeffnungen in der Platte *P*) liegen in einer horizontalen Linie, welche so gerichtet werden muss, dass sie mit der Achse des Ophthalmometers zusammenfällt. Wenn man nun das Ophthalmometer der Reihe nach für die drei verschiedenen Entfernungen einstellt, so lässt sich entscheiden, ob diese Bedingung erfüllt ist. Da die Achse des Ophthalmometers feststeht, so müssen sie durch Verschieben des Oculars der Reihe nach genau in dem Centrum des Sehfeldes des Ophthalmometers erscheinen.

Fig. 75.



Ich messe nun zuerst die Grösse des Gegenstandes. Wie dem Leser bekannt ist (vergl. p. 17), wird eine Messung mit dem Ophthalmometer in der Weise ausgeführt, dass man das Bild verdoppelt und die Grade am Ophthalmometer abliest, wenn die Doppelbilder gerade um die Breite des zu messenden Gegenstandes von einander entfernt sind. Kein Gegenstand lässt sich so genau messen, als drei kleine Lichtpunkte (Fig. 75 *P*). Man kann nämlich nach der in der Astronomie gebräuchlichen Methode von Bessel vollkommen genau bestimmen, wann beim Auftreten von Doppelbildern (Fig. 76) 1' von dem Bilde (1', 2', 3') genau in der Mitte zwischen 2 und 3 des andern Bildes (1, 2, 3) steht, und die Entfernung *x y* wird damit als Object gemessen. Aus denselben Gründen benützen wir drei Lichtpunkte,

Fig. 76.



nämlich die drei Spiegelbilder von drei entfernten Flammen, wenn wir aus der Grösse des Spiegelbildes den Krümmungsradius der Cornea oder irgend einer andern spiegelnden Fläche bestimmen wollen.

Kennen wir nun die Grösse des Gegenstandes, die wir mit Hülfe der eben beschriebenen Methode genau zu messen im Stande sind, so suchen wir zunächst die Grösse des von ihm durch die Linse, deren Brennweite wir bestimmen wollen, entworfenen dioptrischen Bildes. Zu diesem Zwecke setzen wir die letztere in den Linsenhalter l (Fig. 75), bringen diesen in eine Entfernung vom Gegenstande (der Platte P), welche ungefähr dem Doppelten der bekannten Brennweite der Linse gleichkommt, und machen die Entfernung $r\,l = l\,P$. Dabei ist das Ophthalmometer ein für allemal festgestellt, nachdem wir das Object (die drei kleinen Oeffnungen) im Centrum des Sehfeldes gemessen haben. Wir verschieben jetzt das Ocular so weit, bis wir den Ring r deutlich sehen und werden dann gleichzeitig das dioptrische Bild der drei Oeffnungen wahrnehmen. Die Achse der Linse wird aber nur dann, wie verlangt wird, mit der Achse des Ophthalmometers zusammenfallen, wenn das dioptrische Bild genau in das Centrum des Ringes r fällt. Wir müssen desshalb untersuchen, ob dieses der Fall ist, und gerade von der Genauigkeit, mit welcher sich diess erreichen lässt, hängt der Werth der Methode ab. Indem wir das dioptrische Bild sehen, bemerken wir zugleich, ob es an Grösse mit dem Gegenstande übereinkommt. In diesem Falle werden die Lichtpunkte dieselbe relative Stellung zu einander einnehmen (Fig. 76), welche jene hatten, an denen das Object gemessen wurde, d. i. 1′ wird in der Mitte zwischen 2 und 3 stehen. Scheint das dioptrische Bild grösser, so entfernen wir die Platte $x\,x'$ von P; ist es dagegen kleiner, so rücken wir $x\,x'$ näher an P, bis die Lage der Bilder genau dieselbe ist, wie beim Messen des Gegenstandes. Sobald diess erreicht ist, brauchen wir nur mit dem Nonius bei x die genaue Entfernung der Linse von der dünnen Platte P abzulesen, um die doppelte Brennweite der Linse zu kennen. In der That, wenn das Object und sein dioptrisches Bild dieselbe Grösse haben, so befinden sich beide in gleicher und zwar in doppelter Entfernung der Brennweite von den resp. Hauptpunkten der Linse, und wenn die letztere eine biconvexe Linse mit gleichem Radius an beiden Seiten ist, zugleich auch in gleicher Entfernung von ihrem optischen Mittelpunkte.

Auf die vorgeschlagene Art kann man passender Weise nur eine Messung des dioptrischen Bildes machen. Genauere Resultate erhält man, wenn man ohne Rücksicht auf die Gleichheit der Grösse des Objectes und des dioptrischen Bildes, während die erstere bekannt ist und die Linse willkührlich placirt wird, die letztere einfach misst und aus verschiedenen Messungen das Mittel zieht. Die Grösse des Objectes B und des dioptrischen Bildes β verhalten sich, wie die conjugirten Brennweiten f' und f'', wovon f', die Entfernung zwischen Linse und Object, durch Ablesen bekannt ist. Daraus erhalten wir

$$f'' = \frac{B}{\beta} f'$$

und ferner

$$F'' = \frac{f' - f''}{f' + f''}.$$

Wiederholt man die Berechnungen für verschiedene Werthe von f', so wird das Mittel ausserordentlich genau sein, und ausserdem liesse sich daraus die Lage der Knotenpunkte berechnen. Helmholtz (Physiologische Optik p. 79) hat ein solches Verfahren angewendet, um die optischen Constanten zweier menschlicher Linsen zu messen.

Die Brennweite eines Concavglases lässt sich mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen, wenn man dasjenige Convexglas aussucht, welches mit jenem combinirt alle Wirkung desselben aufhebt. Dabei ist es jedoch nicht gleichgiltig, welches von den beiden Gläsern dem Auge zugekehrt ist.

In Gemeinschaft mit Dr. Doijer habe ich nach der oben beschriebenen Methode die Brennweite der Brillengläser (die mit kürzerer Brennweite direct, die mit grösserer Brennweite in Combination mit andern) in meinem von Paetz und Flohr in Berlin gelieferten Brillenkasten gemessen und habe alle Brennweiten kürzer, als angegeben ist, gefunden. Diess ist grossentheils dem Umstande zuzuschreiben, dass die Brennweiten

in preussischen Zollen, die etwas kleiner als die französischen, angegeben sind. Reducirt man die Nummern im Verhältniss von 15 : 16, so wird die Abweichung so gering, dass sie keine praktischen Inconvenienzen mehr mit sich bringt. Mein Vorschlag, den Pariser Zoll der Formel für die numerischen Werthe der Accommodationsbreite, der Refractionsanomalien und der Gläser zu Grunde zu legen, ist allgemein genug angenommen, um es in hohem Grade wünschenswerth zu machen, Brillengläser zu besitzen, deren Brennweiten genau in Pariser Zollen ausgedrückt sind. Nachet und Sohn, Paris, Rue St. Severin 17, haben dieselben seit einiger Zeit in Handel gebracht.

Ueber die Natur des Materials, aus welchem Gläser angefertigt sind, erhält man am besten Aufschluss, wenn man das Brechungsverhältniss bestimmt. Um dasselbe nach den einfachen Formeln (vergl. p. 36) zu berechnen, müssen wir die Brennweite und den Radius der beiden Oberflächen kennen. Wie die Brennweite mittelst des Ophthalmometers bestimmt wird, ist eben genau auseinander gesetzt worden. Dasselbe Instrument kann dazu dienen, um den Krümmungsradius jeder Fläche aus der Grösse der Spiegelbilder abzuleiten; die Methode ist dieselbe, wie sie zur Bestimmung des Hornhautradius benützt wird (p. 17). Bestimmt man das Brechungsverhältniss aus den so erhaltenen Daten, so wird man finden, dass viele Linsen, die aus Bergkrystall bestehen sollen, aus Flintglas oder selbst aus einfachem Crownglas gemacht sind.

§ 13. Directer Einfluss sphärischer Gläser auf das Sehen.

Wenn solche Gläser vor das Auge gehalten werden, so sind sie als ein integrirender Bestandtheil des dioptrischen Systems dieses Organes zu betrachten. Wir wollen nun zuerst annehmen, Glas und Auge seien centrirt, d. h. die Krümmungscentren seiner brechenden Flächen lägen in einer Achse mit den Centren der Krümmungsflächen des Auges. Ist diess nicht der Fall, so ergeben sich gewisse Abweichungen, welche wir am Schlusse dieses Paragraphen betrachten wollen.

Wenn man ein positives oder ein negatives Glas vor das Auge hält, so ist die unmittelbare Folge:

1. Die grösste und kleinste deutliche Sehweite P und R erleiden eine Veränderung.
2. Die Accommodationsbreite wird geändert.
3. Das Accommodationsbereich ändert seine Lage und Ausdehnung.
4. Die Grösse der Netzhautbilder bleibt nicht dieselbe.
5. Die Bestimmung der Entfernung, Grösse und Form der Objecte und
6. Das stereoskopische Sehen mit zwei Augen erleiden eine Aenderung.

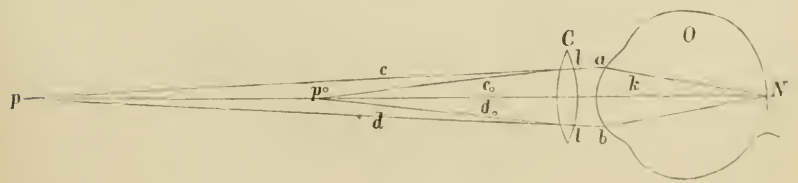
Diese Sätze wollen wir der Reihe nach prüfen und erläutern.

1. Die grösste und kleinste deutliche Sehweite, P und R, erleiden eine Veränderung.

Um diess zu beweisen, braucht man nur die Wirkung des Glases auf den Gang der Lichtstrahlen zu verfolgen.

Ist für das Auge O (Fig. 77) ohne Glas p der Nahpunkt, so vereinigen

Fig. 77.



sich die Strahlen $p\,c\,l\,a$ und $p\,d\,l\,b$ in der Netzhaut N. Wird aber die Linse L vor das Auge gehalten, so werden die Strahlen $p^0 c^0$ und $p^0 d^0$ nach ihrer Brechung durch die Linse dieselbe Richtung wie $p\,c$ und $p\,d$ erlangen, d. h. sie werden als $l\,a$ und $l\,b$ weiter gehen und in's Auge eindringen, und sich desshalb in derselben Weise auf der Netzhaut vereinigen; $p\,k = P$ ist also übergegangen in $p^0 k = P^0$. Die Rechnung ist sehr einfach. Sei F die Brennweite der Linse und x die Entfernung der Linse von k, so ist $P - x$ der Abstand der Linse L von p und

$$\frac{1}{P-x} + \frac{1}{F} = \frac{1}{P^0 - x}.$$

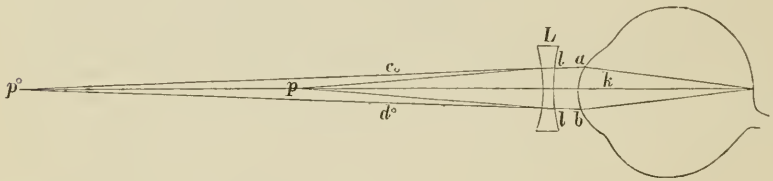
So finden wir $P^0 - x$, worin wir nur x in Zahlen auszudrücken brauchen, um P^0 zu finden. In derselben Weise würde man R^0 aus der Formel

$$\frac{1}{R-x} - \frac{1}{F} = \frac{1}{R^0 - x}$$

finden.

Wäre L eine negative Linse (Fig. 78), so würden die Strahlen $p^0 c^0$

Fig. 78.



und $p^0 d^0 l$, von der Linse gebrochen, die Richtungen $l\,a$ und $l\,b$, als wenn sie von p kämen, annehmen, und aus einer Accommodation für die Entfernung $p\,k = P$ würde durch die Linse eine Accommodation für $p^0\,k = P^0$ geworden sein. In diesem Falle wird P^0 durch die Formel

$$\frac{1}{P-x} - \frac{1}{F} = \frac{1}{P^0 - x}$$

gefunden.

In derselben Weise finden wir die Veränderung für die Entfernung R und die jedes andern Punktes, für welchen das Auge accommodirt ist.

Vernachlässigen wir den Abstand x, so vereinfachen sich die Formeln resp. in

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{F} = \frac{1}{P^0} \text{ und } \frac{1}{P} - \frac{1}{F} = \frac{1}{P^0}.$$

Doch darf man diess in der Praxis nur bei schwachen Gläsern ohne Nachtheil thun. Ist bei einem Presbyopen $P = 24''$, so wird, mit einem Glase von $\frac{1}{12}$ und bei Vernachlässigung von x, $\frac{1}{P^0} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{1}{8}$ und P^0 also $= 8''$. In derselben Weise finden wir bei einem Myopen mit $R = 10''$, mit einem Glase von $-\,1/12$,

$$\frac{1}{R^0} = \frac{1}{10} - \frac{1}{12} = \frac{1}{60},\ R^0 = 60''.$$

Die genaue Berechnung aber, wenn $x = {}^1/_2{}''$, gibt im ersten Falle

$$\frac{1}{P^0 - x} = \frac{1}{23{}^1/_2} + \frac{1}{12} = \frac{1}{7{\cdot}944},$$

$$P^0 = 8{\cdot}444;$$

und im zweiten Falle

$$\frac{1}{R^0 - x} = \frac{1}{9{}^1/_2} - \frac{1}{12} = \frac{1}{45{\cdot}6},$$

$$R^0 = 46{\cdot}1 .$$

In diesen Fällen differiren also die Werthe von R^0 nach den beiden Berechnungen schon zu sehr, um zu gestatten, dass man x vernachlässige.

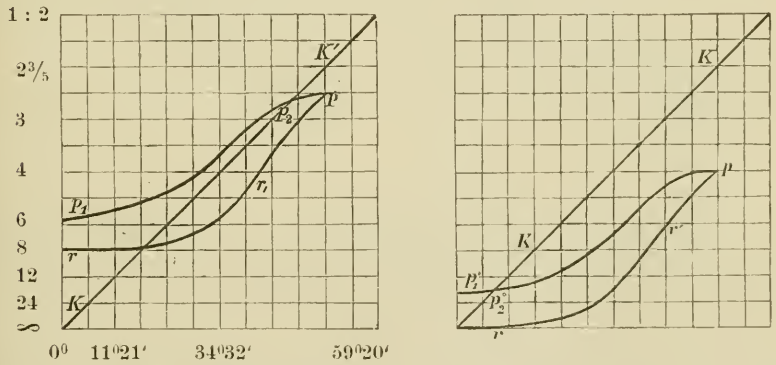
2. *Die Accommodationsbreite wird geändert.*

Sie wird grösser bei Anwendung negativer Gläser und durch positive Gläser kleiner. Noch viel mehr nimmt sie im Verhältniss zu der wirklichen Entfernung der beobachteten Gegenstände beim Gebrauch von Mikroskopen und Teleskopen ab.

In Bezug auf die absolute Accommodationsbreite $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ geht sie in $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{P^0} - \frac{1}{R^0}$ über. Wäre $\frac{1}{P} - \frac{1}{P^0} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R^0}$, so würde $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{A}$ sein. Diess ist indessen nur dann der Fall, wenn wir x aus der Rechnung fortlassen können. In diesem Falle würde das Schema der Accommodation

Fig. 79.

a. *b.*



(Fig. 79 *a*) bei $M = {}^1/_8$ durch Gläser von $-{}^1/_8$ (oder vielmehr von $-{}^1/_{7{\cdot}5}$ in ${}^1/_2{}''$ Abstand von k) einfach in der Weise geändert, dass die Linien $p_1\, p_2\, p$ und $r\, r$, um ${}^1/_8$ fallen, aber dieselbe Form beibehalten und desshalb in Fig. 79 *b* übergehen würden. Wir würden so erhalten:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A^0} = \frac{1}{P^0} - \frac{1}{R^0}.$$

Diess gilt indessen nur für leichte Grade von Ametropie und bei der Anwendung schwacher Gläser, wie sich aus folgender Betrachtung ergibt. Wir wünschen die in Fig. 79 *a* dargestellte $M = {}^1/_8$ vollkommen zu corrigiren, d. h. zu neutralisiren, also das dioptrische System durch Hinzufügen einer Linse emmetropisch zu machen. Ist nun $x = {}^1/_2{}''$, so muss die Linse gleich $-\frac{1}{7{}^1/_2}$ sein.

In der That erlangen parallele Strahlen nach der Brechung durch die Linse eine Richtung, als wenn sie von einem $7\frac{1}{2}''$ vor L und desshalb 8" vor k (vergl. Fig. 77) gelegenen Punkte ausgingen, und R^0 wird $= \infty$.

Wie gross ist nun P^0, wenn wir $\frac{1}{A} = \frac{1}{4}$ und $P = 2\frac{2}{3}''$, wie in Fig. 79 *a*, annehmen?

Die Rechnung gibt:

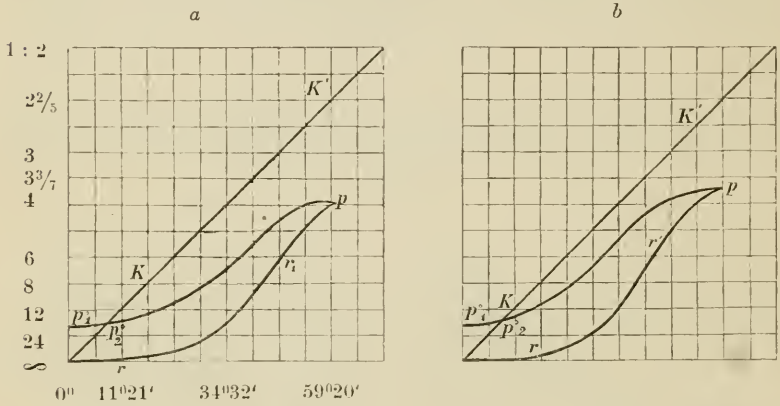
$$\frac{1}{P^0 - x} = \frac{1}{P - x} - \frac{1}{7\frac{1}{2}} = \frac{1}{2\frac{1}{6}} - \frac{1}{7\frac{1}{2}} = \frac{1}{3{\cdot}05};$$

$$P^0 - x = 3''{\cdot}05 \text{ und } P^0 = 3''{\cdot}55$$

Folglich ist $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{3{\cdot}55} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{3{\cdot}55}$,

während $\frac{1}{A} = \frac{1}{4}$ war, und die absolute Accommodationsbreite ist desshalb grösser geworden. Anstatt einer einfachen Reduction wie in Fig. 80 *a* (dieselbe wie Fig. 79 *b*) erhalten wir Fig. 80 *b*.

Fig. 80.



Welches ist nun die Wirkung des Glases auf die binoculäre Accommodationsbreite? Der binoculäre Fernpunkt wird durch das Glas auf ∞ gebracht, desshalb ist $A^0_2 = \infty$. Um P^0_2 zu finden, müssen wir wissen, wo die Linie $p^0_1\, p^0_2\, p$ die Convergenzlinie $k\, k'$ schneidet, was sich nur auf experimentellem Wege auffinden liesse. Aber bei der Bestimmung der relativen Accommodationsbreite wurden der binoculäre Fern- und Nahpunkt auch mit Hülfe von $-\frac{1}{7\frac{1}{2}}$ gefunden und daraus ergab sich, dass dieser Punkt (Fig. 80 *b* p^0_2) in 14" liegt. Die binoculäre Accommodationsbreite des neutralisirten myopischen Auges beträgt daher nur:

$$\frac{1}{A^0_2} = \frac{1}{14} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{14},$$

und ist also viel geringer als $\frac{1}{A_2} = \frac{1}{2{\cdot}75} - \frac{1}{7{\cdot}5} = \frac{1}{4{\cdot}361}$, die binoculäre Accommodationsbreite des myopischen Auges ohne Concav-Brille (Fig. 79 *a*). Indess ist $\frac{1}{A^0_2}$ immer noch grösser, als bei einfacher Reduction, wie in Fig. 80 *a*, wo sie sich als $\frac{1}{A^0_2} = \frac{1}{16}$ herausstellt; und dieser günstige Umstand macht es wenigstens vielen Myopen leichter, nahe Gegenstände mit neutralisirenden Gläsern (wo $R = \infty$) zu

sehen, als sich aus der Unmöglichkeit, bei leichter Convergenz einen verhältnissmässigen Antheil der Accommodation wirksam zu machen, hätte schliessen lassen. Ueberdiess fällt die binoculäre Accommodationsbreite bei neutralisirter Myopie in der Regel beträchtlich günstiger aus, als in dem in Fig. 79 und 80 dargestellten Falle.

Das Obige gilt für den Gebrauch negativer Gläser; positive Gläser haben einen gerade entgegengesetzten Einfluss. Der Gegenstand ist in seiner weitern Anwendung wichtig genug, seine Erläuterung durch ein Beispiel zu rechtfertigen.

Nehmen wir an, dass in einem Falle von $H = 1/4\ p$ bei 12″ liege, also $\frac{1}{A} = \frac{1}{8} + \frac{1}{12} = \frac{1}{4^2/_3}$ sei.

Durch ein Glas von $\frac{1}{8^1/_2}$, $1/_2$″ vor dem Auge gehalten, wird $R^0 = \infty$ und P^0 gefunden als

$$\frac{1}{P^0 - x} = \frac{1}{11^1/_2} + \frac{1}{8^1/_2} = \frac{1}{4{\cdot}88},$$

folglich $P^0 = 5''.38$,

so dass aus $\frac{1}{A} = \frac{1}{4{\cdot}8}$, $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{5{\cdot}38}$ geworden, und die totale Accommodationsbreite also abgenommen hat. Bei Hypermetropie erhält man aber durch neutralisirende Gläser immer den grossen Vortheil, dass der nutzlose Theil von $\frac{1}{A}$, nämlich der für convergirende Strahlen in Anspruch genommene, beseitigt wird. Ausserdem wirkt die Zunahme der Accommodationsbreite durch die Neutralisation in so fern günstig auf $\frac{1}{A^0_2}$, als dadurch die zu starke Accommodation, besonders bei leichter Convergenz, zum Theil corrigirt wird.

Denselben Einfluss, von dem hier die Rede war, üben positive Gläser aus, wenn sie von emmetropischen Individuen gegen Presbyopie oder als Vergrösserungsgläser selbst von Myopen gebraucht werden.

Wenn ein Emmetrop mit $\frac{1}{A} = 1/4$ ein Vergrösserungsglas von $1/3$ in $0''.5$ vom Auge gebraucht, so wird $R^0 = 3^1/_2''$, $P^0 = 2^3/_{26}''$ und $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{5{\cdot}84}$. Hat das Vergrösserungsglas nur 1″ Brennweite, so wird $\frac{1}{A^0} = 1/_{12}$, d. i. dreimal kleiner als $\frac{1}{A}$. Daraus sehen wir, wie sehr die Accommodationsbreite durch den Gebrauch eines Vergrösserungsglases verkürzt wird. Mit einem Vergrösserungsglase $= 1/3$ und $x = 1''$ wird $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{6{\cdot}66}$; mit demselben Vergrösserungsglase und $x = 3''$ finden wir $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{10}$. Durch die kleinen starken Linsen der einfachen Mikroskope wird $\frac{1}{A^0}$ wegen des stärkeren Systems noch kleiner, während es andererseits für $\frac{1}{A^0}$ günstig ist, dass man das Auge näher an die Linse hält.

Beim Gebrauche des zusammengesetzten Mikroskopes sehen wir ein (von dem Objectiv entworfenes) Luftbild durch eine Linse (das Ocular). Dieses Luftbild besitzt, wie eine einfache Rechnung zeigt, im Vergleich zu der geringen Tiefe des Objectes eine ausserordentlich grosse Tiefe. Da es überdiess dem Auge sehr nahe liegt und durch eine Linse gesehen wird, so ist die Accommodation des Auges im Verhältniss zu der Tiefenverschiedenheit, die wir von dem beobachteten Objecte sehen können, nahezu auf Null reducirt. Die bedeutende Tiefe des Luftbildes hat indess für die mikroskopische Untersuchung den Vortheil, dass immer eine bestimmte Ebene (Querschnitt) des Objectes deutlich gesehen wird, und was nur ein wenig höher oder tiefer liegt, sehr verschwommen erscheint und desshalb keinen störenden Einfluss ausübt.

Auch beim Gebrauche des Fernrohrs ist die Accommodation des Auges fast ganz beseitigt. Denn wir können mit einem Fernrohre, das uns in den Stand setzt, bei entspannter Accommodation ein unendlich entferntes Object zu betrachten, bei grösster Accommodationsanspannung auch nur in sehr grosser Entfernung sehen, — ein Unterschied der Entfernung, der für ein unbewaffnetes Auge überhaupt kaum eine Veränderung in Anspruch nehmen würde. Aber selbst die Accommodation, deren das Teleskop selbst durch Veränderung der Entfernung zwischen Ocular und Objectiv fähig ist, repräsentirt mit Rücksicht auf den Unterschied in der Entfernung der Gegenstände, welche unterschieden werden, nur eine ausserordentlich kleine Accommodationsbreite. Eine einfache Betrachtung wird leicht nachweisen, dass ein mit einem Fernrohr bewaffnetes Auge seiner Accommodation fast gänzlich verlustig geht. Eine positive Linse, wie das Objectiv ist, entwirft hinter sich Bilder, deren Entfernung zwischen F und ∞ schwankt. In der Entfernung F liegen die von unendlich entfernten Gegenständen herrührenden Bilder, in unendlicher Ferne die Bilder von Objecten, die in der Entfernung F vor der Linse liegen. Befindet sich nun ein mehr oder weniger myopisches Auge so weit hinter der Linse, dass es, für R accommodirt, das dioptrische Bild unendlich entfernter Gegenstände genau sieht, so werden die Gegenstände, deren dioptrische Bilder bei Accommodation für P gesehen werden, auch in ziemlich grosser Entfernung liegen. Folglich ist die Accommodationsbreite schon durch die Objectivlinse allein sehr bedeutend eingeschränkt. Nun nimmt aber diese Einschränkung noch beträchtlich zu, wenn das Auge ausserdem noch durch ein Ocular hindurchsieht und sich desshalb noch viel näher am Brennpunkte des Objectivs befindet. Besteht das Ocular, wie bei den eigentlichen Teleskopen, aus positiven Linsen, so befindet es sich so dicht hinter dem Brennpunkte des Objectivs, dass die durch das Objectiv selbst von ziemlich entfernten Gegenständen entworfenen Bilder ausserhalb des Instrumentes fallen, und sich das Sehen allein zwischen unendlicher und sehr grosser Entfernung bewegt. Besteht das Ocular, wie beim holländischen Fernrohre, aus einer negativen Linse, so befindet es sich unmittelbar vor dem Brennpunkte des Objectivs, so dass die stark convergent einfallenden Strahlen durch diess Ocular eine (leicht divergirende) Richtung erhalten, wodurch es möglich wird, dass sie auf der Netzhaut vereinigt werden. Von weniger entfernten Gegenständen aber liegen die Bilder so viel weiter vom Objectiv entfernt, dass die Strahlen das Ocular in verhältnissmässig weniger convergirender Richtung erreichen und desshalb von dieser negativen Linse so stark divergent gemacht werden, dass die stärkste Accommodation nicht mehr im Stande ist, sie auf der Netzhaut zu vereinigen.

Die beim Sehen durch Mikroskope und Teleskope reducirte Accommodationsbreite $\frac{1}{x}$ lässt sich berechnen, wenn gegeben sind:

$\frac{1}{A}$ die Accommodationsbreite,

F_1 die Brennweite des Objectivs,

F_r die Brennweite des Oculars,

x der Abstand des Objectivs vom Ocular,

y der Abstand des Oculars von k im Auge.

Es mag genügen, diess für das Galilei'sche Fernrohr weiter zu entwickeln.

Ist das Auge O (Fig. 81) für unendliche Entfernung eingerichtet, so sind die parallel auf das Objectiv ll fallenden Strahlen ab und $a'b'$ nach der Brechung als cd und $c'd'$ nach φ gerichtet; von dem Ocular $l'l'$ wieder parallel gemacht, treffen sie dann als ef und $e'f'$ auf die *Cornea* und vereinigen sich nach der Brechung auf der Netzhaut N. In dieser Weise sieht das entspannte emmetropische Auge mit dem Fernrohr unendlich entfernte Gegenstände. Accommodirt sich nun das Auge für p, so kommen jetzt die nach p gerichteten Strahlen $e''f''$ und $e'''f'''$ auf der Netzhaut zu einem Brennpunkt. Um diese Richtung zu bekommen, müssen sie, wie $i'b''$ und $i''b'''$ von einem in der Weise vor dem Objectiv ll gelegenen (in der Figur nicht sichtbaren) Punkte i ausgegangen sein, dass sie nach der Brechung durch das Objectiv wie $c''d''$ und $c'''d'''$ nach j gerichtet sind. In dem supponirten Punkte i schneiden sich die Verlängerungen von $b''i'$ und $b'''i''$, und der Punkt i ist desshalb der reducirte Nahpunkt. Daraus folgt, dass der Abstand des

Punktes i vom Knotenpunkt k des Auges (O) die reducirte kürzeste deutliche Sehweite ist, welche, da der Fernpunkt $= \infty$, in diesem Falle $= \alpha$ ist, und somit die reducirte Accommodationsbreite $\frac{1}{\alpha}$ angibt.

In dem für die unendliche Ferne eingestellten Telescop und in emmetropischen Augen ist

$$h \varphi = F,$$
$$h' \varphi = F_{,,}$$
$$F - F_{,,} = i j, \text{ und überdiess}$$
$$p k = A, \quad h, k = x, \quad p h, = A - x.$$

Wir suchen nun zunächst $h, j = J$ nach der Formel der conjugirten Brennweiten

$$\frac{1}{J} = \frac{1}{F} - \frac{1}{A - x}.$$

Wir kennen aber $hj = J + ij$ und berechnen hi wieder nach derselben Formel

$$\frac{1}{hi} = \frac{1}{F} - \frac{1}{hj}.$$

Damit kennen wir

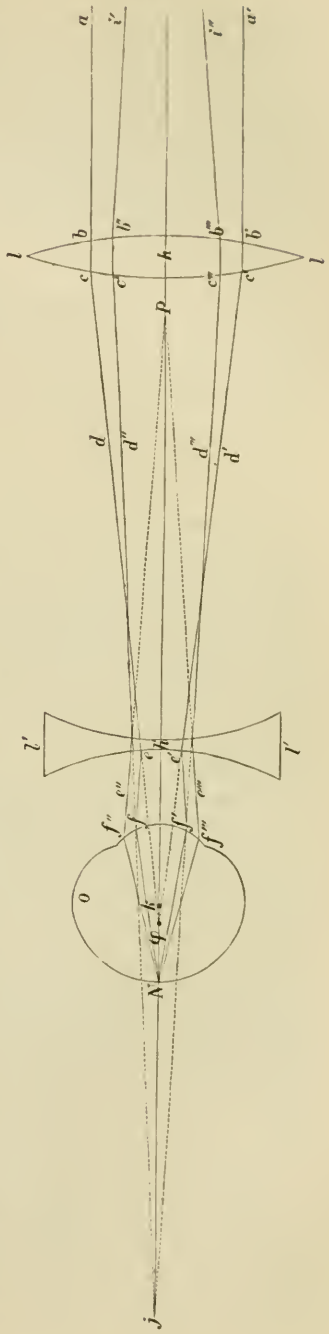
$$hi + ij + x = ik = \alpha$$

und also auch die reducirte Accommodationsbreite $\frac{1}{\alpha}$.

3. *Das Accommodationsbereich ändert seine Lage und seine Ausdehnung.*

Unter Accommodationsbreite verstehen wir einen dioptrischen Werth, proportional der Brennweite jener Linse, welche den Unterschied der Accommodation für p und für r ausdrückt, $\frac{1}{P} - \frac{1}{R}$. Das Accommodationsbereich (Gebiet) dagegen ist nur der Ausdruck für den Abstand von r und p und ist desshalb $= R - P$. Die Accommodation durchläuft diese Strecke in jeder Richtung, und wir könnten $R - P$ desshalb gewissermaassen als den Radius des Accommodationsbereiches betrachten. Augenscheinlich können ganz verschiedene Accommodationsgebiete mit derselben Accommodationsbreite correspondiren und umgekehrt. Ist $R = \infty$ und $P = 6''$, so ist die Accommodationsbreite $\frac{1}{A} = \frac{1}{6}$; das Accommodationsgebiet dagegen erstreckt sich von unendlich bis zu $6''$ vor dem Auge. Ist dagegen $R = 6''$ und $P = 3''$, so ist $\frac{1}{A}$ ebenfalls $= \frac{1}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6}$, der

Fig. 81



Radius des Accommodationsgebietes aber ist auf $R - P = 6'' - 3'' = 3''$ reducirt. Folglich existirt zwischen Accommodationsbreite und Gebiet durchaus keine Relation.

Das Mitgetheilte genügt um zu zeigen, was Accommodationsgebiet im Gegensatz zu Accommodationsbreite bedeutet. Wir sehen zugleich, dass während die absolute Acommodationsbreite durch Brillen nur eine leichte Veränderung erleidet, das Accommodationsgebiet durch dieselben gänzlich umgestaltet wird. Ein Myop z. B., mit $R = 6''$ und $P = 3''$, dessen Accommodationsgebiet einen Radius von nur $6'' - 3'' = 3''$ hat, sieht, durch $^1/_2''$ vor dem Auge gehaltene Gläser von $-\frac{1}{5^1/_2}$, $r\ \infty$ auf und p auf $6''$ gebracht, sein Radius wird also $\infty - 6'' = \infty$ und $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{6^1/_2}$. Während also seine $\frac{1}{A}$ ungefähr dieselbe geblieben ist, ist seine $R - P$ unendlich grösser geworden. Ein Hypermetrop mit $H = \frac{1}{8}$ und $\frac{1}{A} = \frac{1}{6}$ sieht von ∞ bis $24''\left(\frac{1}{6} - \frac{1}{8} = \frac{1}{24}\right)$; durch Gläser von $\frac{1}{7^1/_2}$, $^1/_2''$ vor dem Auge sieht er von ∞ bis nicht viel weniger als $6''$, — wieder ohne grosse Veränderung der $\frac{1}{A}$, abgesehen davon, dass das unbrauchbare $^1/_8$ zu verwendbarer Accommodationsbreite geworden ist. Der Presbyop im Gegentheil, dessen Accommodationsgebiet bei $\frac{1}{A} = \frac{1}{24}$ von ∞ bis $24''$ vor dem Auge sich erstreckt, verliert beim Gebrauch von Gläsern von $^1/_{24}$ einen beträchtlichen Theil desselben. Mit Auslassung der accessorischen Veränderungen ist sein Accommodationsgebiet auf $24'' - 12'' = 12''$ beschränkt, obgleich seine Accommodationsbreite durch diese Gläser kaum berührt wurde.

Die angeführten Beispiele haben sicher genügt, um die allgemeine Regel zu begründen:

Dass Gläser das Accommodationsgebiet erweitern, wenn sie r dem ∞ näher bringen, und im Gegentheil einschränken, wenn sie r von ∞ entfernen.

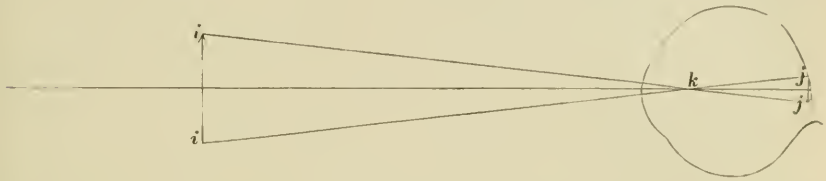
Daraus ergibt sich, dass, wenn für ein gewisses Object eine bestimmte Entfernung des deutlichen und bequemen Sehens für gewöhnlich nicht erforderlich wäre, es im Allgemeinen angezeigt sein würde, Myopen und Hypermetropen dadurch zu Herren über das grösstmögliche Accommodationsgebiet zu machen, dass man die Ametropie neutralisirte (vollständig corrigirte), um sie so in gleichen Stand mit den Emmetropen zu setzen. Doch kann diess häufig nicht geschehen, weil wir für gewisse Zwecke auch auf die Entfernung des Nahpunktes, wie bei Presbyopen, Rücksicht nehmen müssen.

4. Die Grösse der Netzhautbilder bleibt nicht dieselbe.

Die Winkel, unter welchen sich Gegenstände, je nachdem sie mit oder ohne Brillen gesehen werden, dem Auge präsentiren, lassen sich ohne weitere Bestimmungen nur in dem Falle mit einander vergleichen, wenn der Gegenstand in derjenigen Entfernung, in welcher er sich gerade befindet, sowohl mit als ohne diese Gläser deutlich gesehen werden kann. Bis zu einer gewissen

Grenze ist diess in der That sehr gut möglich. Ein Emmetrop z. B. mit ausreichendem Accommodationsvermögen kann einen in 8″ vor seinem Auge befindlichen Gegenstand nicht nur ohne, sondern auch mit Gläsern, sei es von $^1/_{12}$, sei es von $-\,^1/_{12}$, genau sehen. Ein Myop vermag dasselbe in Bezug auf einen nahen, ein Hypermetrop in Bezug auf einen mehr entfernten Gegenstand. In all diesen Fällen können wir uns leicht davon überzeugen, dass Gläser mit negativer Brennweite die Bilder verkleinern, während positive Gläser sie vergrössern. Der Nachweis dafür ist sehr einfach. Das Verhältniss zwischen der Grösse des Netzhautbildes $j\,j$ oder β (Fig. 82) und des Gegenstandes $i\,i$ oder B

Fig. 82.



hängt von der Lage des Knotenpunktes k ab. Je weiter der letztere nach vorne rückt, desto grösser wird β im Verhältniss zu B; je weiter nach hinten, desto kleiner wird β. Was das Auge durch die Accommodation, d. i. durch Formveränderung der Linse thun kann, ändert den Ort des Knotenpunktes sehr wenig, weil der letztere in der Linse selbst liegt. Sobald dagegen eine Linse vor das Auge gehalten wird, rückt k nach vorne, wenn sie positiv, nach rückwärts, wenn sie negativ ist, — und für ein und dieselbe Linse beides um so mehr, je weiter dieselbe vom Auge entfernt wird. Der Ausschlag dieser Ortsveränderung lässt sich leicht berechnen (vergl. p. 49 und 57). Das Netzhautbild ist also grösser, wenn der Gegenstand ohne Accommodationsspannung durch eine positive Linse, als wenn er ohne diese Linse durch Anspannung der Accommodation genau gesehen wird; es ist dagegen kleiner, wenn es bei sehr kräftiger Spannung des Accommodationsmuskels durch negative Gläser noch deutlich erscheint.

Für Gläser von kürzerer Brennweite (gewöhnliche Lupen) lässt sich die Vergrösserung in dieser Weise nicht bestimmen. Der Gegenstand muss in diesem Falle näher an das Auge gehalten werden, als er ohne Linse deutlich gesehen werden kann, und die Bildgrössen sind nicht mehr vergleichbar. Wir müssen daher die bei einer gewissen Sehweite des Auges gefundene Grösse des Netzhautbildes mit der Grösse vergleichen, welche man vermittelst der Linse erhält, wenn das Auge in demselben Zustande verharrt, der Gegenstand aber um so viel näher gerückt wird, als zum scharfen Sehen mit der Linse erfordert wird. Bei dieser Vergleichung ergibt sich nun eine um so geringere Vergrösserung, je kürzer die deutliche Sehweite des unbewaffneten Auges ist. Das Netzhautbild ist nämlich dieser Entfernung nahezu umgekehrt proportional, während andererseits die Grösse des durch eine starke Linse gesehenen Bildes im Verhältniss zu der Zunahme der deutlichen Sehweite des unbewaffneten Auges nur wenig zunimmt.

5. Die Bestimmung der Entfernung, der Grösse und der Form der Gegenstände erleidet eine Veränderung.

Um den Einfluss, welchen positive und negative Linsen auf unser Urtheil über Entfernung, Grösse und Form ausüben, zu erklären, muss kurz angegeben werden, in welcher Weise dieses Urtheil ohne den Gebrauch von Gläsern zu Stande kommt.

An die Unterschiede in Entfernung, Grösse und Form der Gegenstände sind eigenthümliche Verschiedenheiten der erforderlichen Augenbewegungen, der Accommodation und hauptsächlich der Netzhautbilder geknüpft, und die Veränderungen, welche diese Bilder durch die Accommodation, wie durch die Bewegungen sowohl der Augen, als des Kopfes und des ganzen Körpers erleiden, sind verschieden. Ausschliesslich durch diese Verschiedenheiten wird der Geist in den Stand gesetzt, sich eine Ansicht über Entfernung, Grösse und Form zu bilden. Doch geschieht diess grösstentheils spontan, wie unwillkührlich oder wenigstens ohne Ueberlegung. Die Schnelligkeit des Urtheils ohne Analyse der Elemente, aus denen es sich zusammensetzt, ist das Resultat der Uebung, sowohl des Individuums, als seiner Eltern.

Zunächst bemerken wir, dass die Urtheile über Entfernung und über Grösse correlativ sind. Dabei sind drei Fälle zu unterscheiden: 1. Wir kennen die wahre Grösse des Gegenstandes und bilden uns durch die Grösse des Netzhautbildes unser Urtheil über die Entfernung. 2. Wir kennen die Entfernung und gründen darauf unser Urtheil über die Grösse. 3. Sowohl Entfernung, als Grösse sind unvollkommen bekannt, und durch ihren gegenseitigen Einfluss bildet sich eine Vorstellung, welche beide mit einander in Verbindung bringt, und sie dadurch gleichzeitig genauer bestimmt. Der eben erwähnte Zusammenhang zwischen unserer Schätzung der Entfernung und der Grösse zeigt sich besonders schlagend, wenn wir das Nachbild einer Flamme auf eine Wand projiciren, in welchem Falle wir bei unverändertem Netzhautbilde die Flamme um so grösser schätzen, je mehr wir uns von der Wand entfernen, und um so kleiner, je mehr wir uns ihr nähern.

Um genau zu ergründen, wie das Urtheil sich bildet, muss man untersuchen, was und wie man im Stande ist, zu unterscheiden, zuerst unter den einfachsten und dann unter immer complicirteren Bedingungen des Sehens, indem neue Mittel den schon erworbenen hinzugefügt werden, welche unser Urtheil befestigen und mitunter auch modificiren.

Von diesem Gesichtspunkte aus müsste man folgende Bedingungen des Sehens unterscheiden: *a.* Ein unbewegtes Auge betrachtet Figuren in einer Ebene, auf welcher die Gesichtslinie senkrecht steht; *b.* dasselbe Auge, frei in den Raum hinausschauend; *c.* ein Auge mit beweglicher Gesichtslinie auf eine Ebene oder in den Raum sehend; *d.* ein Auge, das durch Bewegung des Kopfes oder selbst des Körpers seine Stelle verändert; *e.* zwei unbewegte Augen; *f.* zwei sich bewegende Augen; *g.* zwei Augen mit Bewegung des Kopfes oder des Körpers.

Es würde jedoch zu weit führen, wollten wir an diesem Schema ganz festhalten. Wir werden uns daher auf eine gedrängte und elementare Entwicklung der schwierigen Frage beschränken und werden auch die Literatur über diesen Gegenstand, die eine ganz unverhältnissmässige Ausdehnung gewonnen hat, beinahe mit Stillschweigen übergehen.

Hier unter 5. sprechen wir von unserm Urtheil beim Sehen mit einem Auge; unter 6. kommt das stereoskopische Sehen mit zwei Augen zur Sprache.

Wir beginnen mit der Voraussetzung, dass die Figuren alle in einer Ebene liegen, welche nur von einem Punkte aus mit einem Auge, dessen Gesichtslinie senkrecht zu dieser Ebene steht, betrachtet wird. Unter dieser Voraussetzung sind wir ohne Mittel die wahre Grösse direct zu beurtheilen, und erhalten von ihr auch keine directe Vorstellung, wenn uns dieselbe nicht anderweitig bekannt ist. Nur über die Entfernung gibt uns das Bewusstsein von unserm Accommodationszustande einigen Aufschluss. Lässt man Jemanden durch eine Röhre, welche eine Wand durchbohrt, so dass man ihre Länge nicht schätzen kann, hinter der Röhre angebrachten Druck lesen, so wird es manche Personen geben, welche sich eine nicht ganz falsche Vorstellung über die Entfernung und indirect auch über die Grösse bilden. Legen wir dann in die Röhre ein schwaches Convexglas ein, so dass eine geringere Accommodationsspannung erforderlich ist, so wird der Druck dem Beobachter weiter entfernt scheinen, und derselbe wird ihn desshalb auch dann für grösser halten, nachdem ein um so viel kleinerer Druck substituirt wurde, dass das Netzhautbild dieselbe Grösse beibehalten hatte. Legen wir dagegen ein negatives Glas, dessen Wirkung man noch sehr leicht durch die Accommodation überwinden kann, in die Röhre ein, so wird der Beobachter der Meinung sein, dass der Druck dem Auge näher liege, und die wirkliche Grösse wird selbst dann zu gering angenommen werden, wenn ein so viel grösserer Druck gewählt war, dass die Netzhautbilder, ungeachtet des verkleinernden Einflusses des Concavglases, dieselbe Grösse beibehalten hatten.

Ist aber die Grösse des Gegenstandes bekannt, so abstrahirt das Urtheil im Allgemeinen von der im Auge eingetretenen Accommodation, und das Object wird durch ein Concavglas zu entfernt geschätzt, weil das Netzhautbild kleiner, durch ein Convexglas dagegen zu nahe, da das Netzhautbild grösser wird.

Ausnahmsweise tritt aber das Bewusstsein der erforderlichen Accommodation noch hervor, und zwar selbst dann, wenn wir uns im Freien umsehen, wo es an Gegenständen von bekannter Grösse nicht fehlt, und wo zahllose andere Mittel dem Geiste zu Diensten stehen. Ich beobachtete diess vor Jahren an mir selbst.[1]) Als ein Phänomen des verminderten Accommodationsvermögens in Folge der Einträufluug einer schwachen Belladonnalösung sah ich alle Gegenstände zu klein, weil ich sie mir näher dachte, und Warlomont hat einen ähnlichen Fall mitgetheilt.[2]) Auch bei Accommodationsparese aus anderen Ursachen ist mir dasselbe einmal vorgekommen. Diess ist um so auffallender, als die Bestimmung der Entfernung aus der erforderlichen Accommodation, auch beim Sehen mit einem Auge, hauptsächlich dadurch zu Stande zu kommen scheint, dass das andere (bedeckte) Auge zugleich mit der Anspannung der Accommodation seine Convergenz ändert, in welcher Aenderung wir beim Sehen mit beiden Augen ein so wirksames Hülfsmittel zur Vergleichung der Entfernungen haben.

[1]) Nederl. Lancet. 2. Serie, D. VI. p. 607, 1851.
[2]) Annales d'Oculistique. 1853, XXIX. p. 277.

Sieht man mit einem Auge von einem Punkte aus nach Gegenständen im Raume, so kann die Schätzung der Grösse und der Entfernung für eine unendliche Anzahl hinter einander gelegener Ebenen in derselben Weise, wie oben für eine Ebene zu Stande kommen, und positive und negative Linsen können in der beschriebenen Weise ebenfalls unser Urtheil modificiren. So könnte sich dann eine Vorstellung von der Form eines Körpers (ebenso gut ohne, als bei dem Gebrauche von Gläsern) bilden. Doch ist unter solchen Umständen das Raisonnement oft umgekehrt: wir kennen die Form und leiten daraus die relativen Entfernungen der verschiedenen Punkte ab.

Diess bedarf einer weiteren Auseinandersetzung. Viele Gegenstände haben für uns bekannte Formen, und von ihrer Entfernung hängt es ab, welche Form das perspectivische Bild auf der Netzhaut haben wird. Ein Beispiel wird diess erläutern.

Der Beobachter setze sich in einige Entfernung vor die Mitte eines viereckigen Tisches $A\,B\,C\,D$ (Fig. 83 I). Um zu wissen, wie gross $A\,B$

Fig. 83.

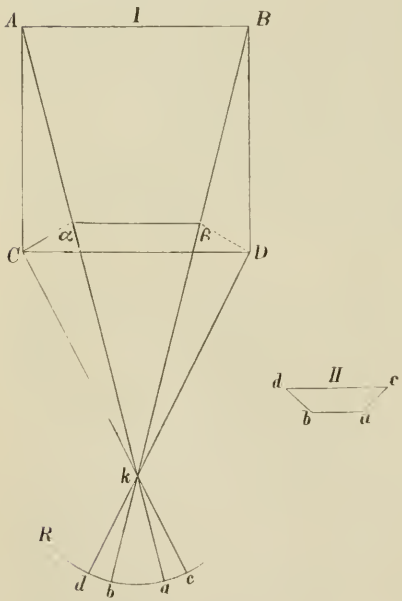
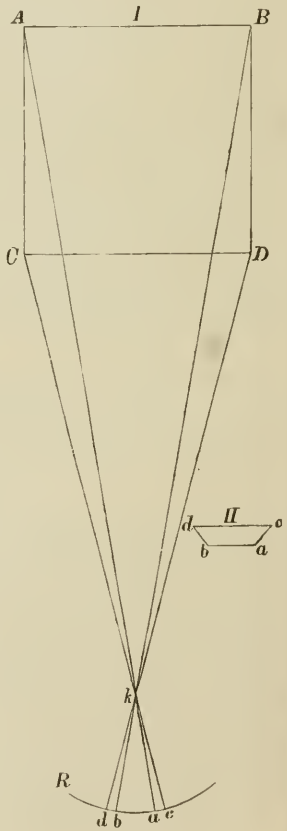


Fig. 84.



und CD auf der Netzhaut abgebildet worden sind, haben wir nur von den Punkten A, B, C und D durch den Knotenpunkt k des Auges, von dem wir hier voraussetzen, dass er oberhalb der horizontalen Ebene der Tischplatte liege, Linien zu ziehen. Wir finden dann die respectiven Grössen ab und cd auf der Netzhaut R. Wenn die Entfernung von AB bis zum Auge das Doppelte von CD beträgt, so ist $cd : ab$ nahezu 2 : 1. Das Netzhautbild hat desshalb die Form von Fig. 83 II. Diese Form führt uns zu der Annahme, dass die nächste Kante des Tisches AB ungefähr so weit von uns entfernt ist, wie der Tisch lang ist. Bewegen wir nun das Auge von AB nach CD, so unterstützt uns die erforderliche Accommodation bei unserer Entscheidung, und wenn wir die Höhe des Tisches kennen, so trägt der Winkel, unter welchem die Linien AB und CD unterhalb der horizontalen Ebene, in welcher das Auge liegt, gesehen werden, dazu bei, unser Urtheil über die Entfernung zu bestimmen. Derselbe Tisch etwa in doppelter Entfernung vom Auge aufgestellt und von einem entsprechend höheren Punkte aus gesehen, gibt ein anderes perspectivisches Bild, in welchem $ab : cd = 2 : 3$ (vergl. Fig. 84 I), und in welchem die Winkel bei a, b, c und d weniger von rechten Winkeln abweichen (Fig. 84 II). Wir halten indessen die Dimensionen für ebenso gross und die Winkel für rechte Winkel, blos aus dem Grunde, weil viereckige Tische gewöhnlich rechte Winkel haben, und weil wir schliessen, dass die Länge des Tisches ungefähr der halben Entfernung von CD bis zum Auge gleich komme. — Ist nur ein Gegenstand vorhanden, dessen wahre Grösse oder Entfernung bekannt ist, so dient derselbe als Maass, mit welchem alle anderen Gegenstände zu beurtheilen sind, deren relative Grösse und Entfernung nach demselben Prinzipe der perspectivischen Projection erschlossen werden.

Wir haben im Vorhergehenden die Annahme gemacht, dass die wahre Form einiger Gegenstände und die Richtung einiger Linien oder Flächen bekannt seien. In der That fehlt diese Kenntniss fast nie. Wir sehen in einem Raume Flächen, die wir als nahezu horizontal oder vertical betrachten können, und zahllose Gegenstände, die uns verticale und horizontale Linien bieten. Aus den Winkeln nun, welche diese Ebenen und Linien in den perspectivischen Netzhautbildern mit einander machen, bauen wir unser Urtheil auf. In der freien Natur können der Boden, auf dem wir gehen, die horizontale Oberfläche des Wassers, aufrecht stehende Bäume, Häuser mit ihren Dächern und Fenstern, endlich die Menschen selbst als genügende Ausgangspunkte dienen. Desshalb beurtheilen wir auch selbst das ziemlich richtig, was von einem Punkte aus nur mit einem Auge gesehen wird.

Man kann sogar behaupten, dass unser Urtheil nur durch ein absichtliches Arrangement fehl geleitet werden kann. Der Tisch (Fig. 83 I) würde z. B. dasselbe Netzhautbild hervorgerufen haben, wenn die Seite AB nur die Breite $\alpha\beta$ gehabt hätte, aber zugleich um so viel überhöht wäre, dass die Seiten αC und βD perspectivisch mit AC und BD zusammenfallen würden. Auf diese Weise kann man auf einer Ebene (einer Zeichnung) eine Anzahl Gegenstände in perspectivischer Projection darstellen, von denen dann die Netzhaut Bilder erhält, wie sie die Gegenstände selbst hervorbringen würden; und ist die Wirkung von Licht und Schatten hinzugefügt, so kann das Bild sehr täuschend sein, wenn es von einem Punkte aus mit einem Auge betrachtet wird. Trotzdem wird uns, wenn die Ebene der Zeichnung nicht zu entfernt ist, das

Bewusstsein von der Accommodationsspannung selbst noch über ihre wirkliche Lage belehren. Doch sind diess jedenfalls künstliche Verhältnisse, welche die Regel nicht entkräften, dass die Form der perspectivischen Projection auf die Netzhaut uns hinreichend befähigt, die relative und selbst die absolute Grösse und Entfernung zu beurtheilen, unter der einzigen Voraussetzung, dass die Grösse oder Entfernung irgend eines Gegenstandes bekannt ist.

Auf dieses Urtheil, das aus der perspectivischen Projection hergeleitet ist, hat nun der Gebrauch positiver und negativer Gläser Einfluss. Die Ursache davon ist leicht einzusehen. In der That erscheinen uns bei Anwendung positiver Gläser die Objecte nicht nur grösser, sondern, wenn solche von bekannter Grösse darunter sind, auch näher, und die Tiefendistanz zwischen zwei Gegenständen von bekannter Grösse und ebenso zwischen zwei Begrenzungslinien desselben Gegenstandes wird dadurch verkürzt; wir haben also eine Vergrösserung des Gegenstandes in zwei Dimensionen mit gleichzeitiger Verminderung seiner Tiefe. Bei der Anwendung negativer Gläser dagegen findet das Umgekehrte Statt. — Denselben Einfluss haben Gläser, auch wenn keine Gegenstände von bekannter Grösse da sind. Diess lässt sich in folgender Weise erklären. Aendern wir den Abstand eines Gegenstandes, so ändern sich, zugleich mit der Grösse, die Winkel des perspectivischen Bildes; während also die Form dieses Bildes sich ändert, bleibt das Urtheil über die Form des Gegenstandes sich gleich. Wenn dagegen der Gegenstand durch ein Convex- oder Concav-Glas betrachtet wird, ändert sich nur die Grösse des Bildes, seine Form aber nicht, und gerade weil die Formveränderung des Bildes fehlt, ändert sich das Urtheil über die Form des Gegenstandes.

In dem letzten Satze ist der eigenthümliche Einfluss der Grösse der Netzhautbilder auf das Tiefenurtheil schon ausgesprochen. In der That dürfen wir gewöhnlich gewisse Winkel eines Gegenstandes als bekannt voraussetzen; z. B. beim Betrachten der horizontalen rechtwinkligen Platte eines Tisches wird das Urtheil über das Verhältniss zwischen Tiefe und Breite dieser Platte durch die absolute Grösse des Netzhautbildes bestimmt. Mit andern Worten: das Urtheil über die Form wird sich ändern, wenn das Netzhautbild unter Beibehaltung der Form grösser oder kleiner wird. Eine einfache Construction wird diess erläutern. In Fig. 85 I und 86 I sind ab und cd in demselben Verhältnisse auf die Netzhaut R projicirt; sie verhalten sich zu einander, wie 1 : 2. Wie die danebenstehenden Netzhautbilder II zeigen, liegt ab niedriger, als cd, aber auch in demselben Verhältnisse. Die Netzhautbilder unterscheiden sich also in der Form durchaus nicht. Trotzdem sind wir gezwungen, das Verhältniss zwischen Tiefe und Breite in den Objecten als verschieden anzunehmen (vergl. $ABCD$ in Fig. 85 I und 86 I), und auf diess für jede Grösse des Bildes verschiedene Verhältniss hat die Entfernung, auf welche wir es projiciren, keinen Einfluss (vergl. Fig. 86 $ABCD$ und $A'B'C'D'$). Dass wir mit Netzhautbildern von gleicher Form, aber verschiedener Grösse, nicht gleiche Formen der Gegenstände verknüpfen, kann uns übrigens nicht überraschen, wenn wir andererseits sehen, dass Gegenstände von gleicher Form, aber von verschiedener Grösse, in der Form nicht übereinstimmende Netzhautbilder geben, insoferne nicht die verschie-

dene Entfernung der Gegenstände compensirend wirkt und die Bilder auch gleich gross macht. Legen wir in die Mitte, oder auf was immer für einen Theil einer rechtwinkligen Tischplatte, ein Quartblatt Papier von derselben Form wie die Tischplatte, so werden die projicirten Netzhautbilder unähnlich sein; der Unterschied in der Ausdehnung der obern und untern Begrenzung wird für den Tisch relativ grösser sein, denn ihr Verhältniss hängt von ihrer relativen Entfernung vom Auge ab, und desshalb werden die vier Winkel verschieden sein.

Fig. 85.

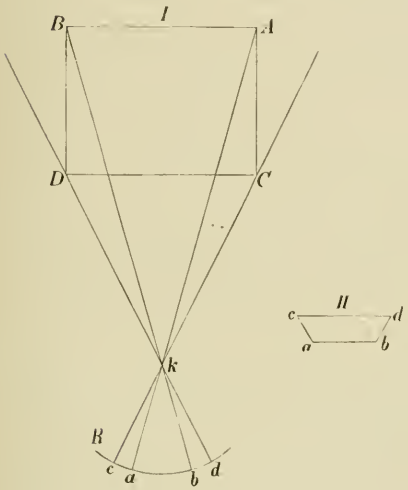
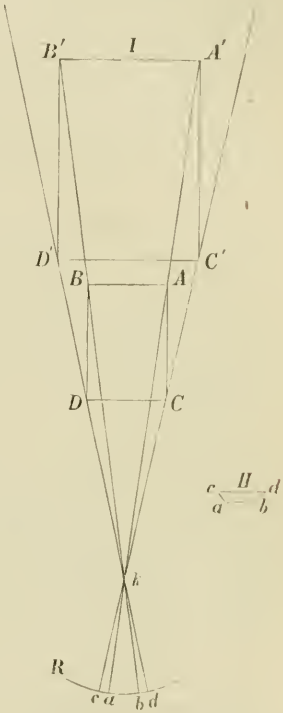


Fig. 86.



Daraus ergibt sich mit grosser Klarheit, wie positive und negative Linsen, welche nur die Grösse, nicht aber die Form der Netzhautbilder verändern, unser Tiefenurtheil modificiren. Diese Thatsache nehmen Hypermetropen, welche, mit Convexbrillen bewaffnet, die Gegenstände grösser sehen, die sie vorher ohne Accommodationsspannung auch deutlich, aber kleiner sahen, und am meisten jene Personen, welche die verlorene Linse durch Convexgläser ersetzen, deutlich wahr. Myopen erfahren die entgegengesetzte Einwirkung an sich, jedoch weniger deutlich, weil sie ohne Concavglas entfernte Gegenstände überhaupt nicht deutlich sehen würden, und der Vergleich desshalb weniger vollkommen ist. Die Sache fällt mehr auf, wenn sie ein zu starkes Concavglas nehmen, das sie jedoch noch durch die Accommodation überwinden. In derselben Weise können sich Emmetropen bei diesen Experimenten eines ihrer Accom-

modation entsprechenden Concavglases bedienen.— Viel schlagender treten die Erscheinungen beim Gebrauch des Galilei'schen Fernrohrs auf, z. B. wenn man mit einem Auge durch ein gewöhnliches doppeltes Opernglas sieht und das andere schliesst. Wir wollen so wie oben einen kleinen Tisch betrachten. Das Netzhautbild behält natürlich seine Form; vergrössert das Fernrohr n mal, so ist das Bild einfach in allen Dimensionen n mal grösser. Wir sehen aber den Tisch breiter und kürzer, in welche Entfernung immer wir ihn zu versetzen suchen. Oft haben wir Mühe ihn uns hinreichend kurz zu denken. Dann sieht der Tisch natürlich hinten zu breit aus: AB (Fig. 84) erscheint uns grösser, als CD. Diess corrigiren wir mitunter dadurch, dass wir CD in Gedanken ein wenig sich aufrichten lassen; und diess thun auch jene Personen, welche wegen Aphakie ein Convexglas tragen, so dass sie besonders auf der gepflasterten Strasse bergauf zu gehen glauben.

Die Erscheinung ist besonders auffallend, wenn wir mit einem Operngucker auf ein gewöhnliches Buch sehen, welches in geringer Entfernung auf einem Tische liegt. Das Buch wird augenblicklich quadratisch, obgleich das Netzhautbild seine Form beibehält; es erscheint oft an seinem obern Ende etwas breiter, verliert diess aber, wenn es in unserer Vorstellung eine Neigung annimmt, und die Buchstaben auf dem Titel sind nun breit und niedrig, während sie vorher entschieden länglich waren. Drehen wir nun das Opernglas um, so werden die Netzhautbilder unter Beibehaltung ihrer Form kleiner, und die Tiefendimensionen sind im Gegensatz zu unserer früheren Beobachtung beträchtlich grösser; die Platte des Tisches und das Buch scheinen nach oben sogar schmäler zu werden. — All diess findet Statt beim Sehen mit einem Auge.

Die Schätzung der relativen Entfernungen beim monoculären Sehen wird noch richtiger und sicherer, wenn der Kopf oder selbst der Körper sich bewegt, so dass die Gegenstände nach einander von verschiedenen Punkten aus gesehen werden; dadurch wird nämlich eine Parallaxe unter den in verschiedenen Entfernungen befindlichen Gegenständen geschaffen, welche ihren Platz zu ändern scheinen; und dadurch können selbst die relativen Entfernungen einfacher freier Punkte geschätzt werden.

6. Das stereoskopische Sehen mit zwei Augen wird modificirt.

Aus dem, was unter 5. gesagt wurde, folgt, dass die Schätzung der Entfernung und der Körperlichkeit von Gegenständen selbst beim Gebrauche nur eines Auges ziemlich vollkommen ist. Daran muss hier erinnert werden, weil man die schöne Entdeckung von Wheatstone so wichtig *) gefunden hat, dass man schliesslich fast vergisst, was ein einziges Auge leisten kann. Indess vermögen zwei Augen sicherlich mehr. Was wenigstens nahe Gegenstände an-

*) Wir übergehen die ältere Literatur, die man überall findet, und führen nur die grösseren Arbeiten an, durch welche sie in den letzten Jahren bereichert worden ist:

Panum, Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen. Kiel, 1858.

Recklingshausen, Netzhautfunctionen. Arch. f. O. V. p. 2. 1859.

Volkmann, Die stereoskopischen Erscheinungen in ihrer Beziehung zur Lehre der identischen Netzhautpunkte. Arch. f. O. V. p. 2.

betrifft, so lässt sich bei binoculärem Sehen die Körperlichkeit des Gegenstandes mit grösserer Sicherheit beurtheilen; wir können dabei durch ein künstliches Arrangement nicht so leicht getäuscht werden, und es tritt in uns eine eigenthümliche Vorstellung des Körperlichen auf, von der das monoculäre Sehen, wie es scheint, nichts weiss. Diess hängt von zwei Ursachen ab.

Die erste ist, dass beim Fixiren eines bestimmten Punktes des Objectes, in welchem die beiden Gesichtslinien sich schneiden, wegen des Abstandes beider Augen die beiden Netzhautbilder nicht gleich gross und von gleicher Form sind, so dass die meisten Punkte in Doppelbildern, deren Entfernung von einander dem Unterschiede in der Entfernung dieser Punkte vom Auge entspricht, gesehen werden. Durch den Unterschied der beiden Netzhautbilder und deren theilweise Verschmelzung entsteht in uns die Vorstellung des Körperlichen. Mitunter ist aber bei Vermeidung aller und jeder Bewegung, und wenn anderweitige Umstände unser Urtheil nicht unterstützen, eine Verwechslung des Stereoskopischen mit dem Pseudoskopischen möglich, d. h. der unter wirklichen oder verschmolzenen Doppelbildern gesehene Punkt kann sich sowohl näher, als weiter, denn der fixirte Punkt befinden.

Die zweite Ursache ist, dass die verschiedenen Punkte des Objects successive fixirt werden (Bruecke). Wir sind uns nämlich, wenigstens wenn die Bewegung nicht grosse Winkel durchläuft, vollkommen bewusst, ob das Einfachsehen, wenn wir von einem Punkt zum andern übergehen, grössere oder geringere Convergenz erfordert, je nachdem der gerade fixirte Punkt weniger oder weiter entfernt ist, als der zuvor fixirte. Gleichzeitig verändern sich bei genauer Untersuchung des Gegenstandes, d. h. wenn man die verschiedenen Punkte in verschiedener Richtung durchläuft, die Netzhautbilder fortwährend, und ihre Ungleichheit ändert sich in jedem Augenblicke, was uns unwiderstehlich die Vorstellung einer bestimmten körperlichen Form aufdrängt und wie mit den Händen berühren lässt: diess macht gerade das Charakteristische des binoculären Sehens aus. Fixiren wir irgend einen Punkt, und haben wir schon eine ziemlich genaue Vorstellung von der Lage des indirect gesehenen Punktes, den wir zunächst fixiren wollen, so verändern wir eben, mit der Bewegung der Gesichtslinien, gleichzeitig die Convergenz der Achsen. Haben wir diese Vorstellung nicht, so sehen wir die Doppelbilder nur dann verschwinden, wenn die Gesichtslinien ungefähr den in Rede stehenden Punkt erreichen. Davon kann man sich am besten überzeugen, wenn man durch Vorhalten eines carminrothen Glases eines von den Doppelbildern färbt, und wenn man dann der Reihe nach auf Lichtpunkte hinsieht, die in verschiedenen Entfernungen liegen. Wir beobachten dabei auch, dass bei einer raschen Bewegung der Gesichtslinien der erforderliche Convergenzwechsel für einen Moment über das Ziel hinausgeht und dann rasch corrigirt wird.

Nagel, Das Sehen mit zwei Augen, und die Lehre von den identischen Netzhautpunkten. Leipzig und Heidelberg, 1861.

Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. 1862.

Fechner, Ueber einige Verhältnisse des binoculären Sehens; aus den Abhandlungen der k. s. Gesellschaft der Wissenschaften. VII. Leipzig 1861.

Classen, Ueber das Schlussverfahren des Schactes.

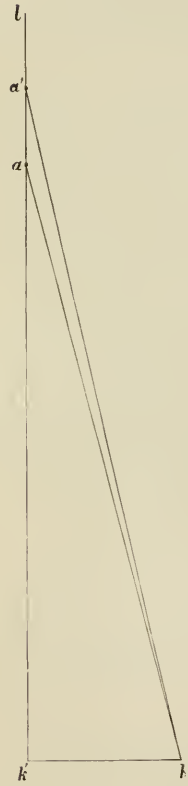
Hering, Beiträge zur Physiologie. Heft I — V. Leipzig 1861 — 1864.

Ausserdem eine grosse Anzahl kleiner Artikel von Dove und A. in Poggendorff's Annalen. —

Der Gebrauch von Convex- und Concavgläsern verändert nun die beiden Factoren des stereoskopischen Sehens.

In Bezug auf den ersten Factor bemerken wir, dass die Gläser die Grösse und in Folge dessen die scheinbare Entfernung modificiren, ohne eine entsprechende Veränderung in der Differenz zwischen den Netzhautbildern der beiden Augen hervorzubringen. Dieser Unterschied nimmt in dem Maasse ab, als die Entfernung der Gegenstände zunimmt. Da nämlich der Winkel, unter welchem sich ein Gegenstand darbietet, zu seiner Entfernung in umgekehrtem Verhältnisse steht, so ist die Parallaxe des stereoskopischen Sehens und desshalb auch der Unterschied zwischen den beiden Netzhautbildern bei grossen Entfernungen umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung. Wenn in der auf der Linie $k' k$ (Fig. 87), welche die Knotenpunkte beider Augen verbindet, senkrecht stehenden Linie zwei Punkte a und a' ohne Veränderung ihres gegenseitigen Abstandes bewegt werden, so ist, wie eine einfache Rechnung zeigt, bei grossen Werthen von $k' a$ in Bezug auf $k k'$ und $a a'$, der Winkel $a k a'$ dem Quadrat von $k a$ umgekehrt proportional. Dieser Winkel ist aber augenscheinlich die Parallaxe des stereoskopischen Sehens.

Fig. 87.



Damit ist nachgewiesen, dass die Netzhautbilder beider Augen um so weniger von einander verschieden sind, je entfernter das Object ist.

Mit Convexbrillen und noch mehr durch ein Opernglas wird nun das Object grösser und augenscheinlich näher gesehen; der Unterschied zwischen den beiden Netzhautbildern erscheint aber genau ebenso gross, wie er den unbewaffneten Augen erschien. In Folge dessen erscheint der Gegenstand im Verhältniss zu seiner Grösse zu seicht. Das Umgekehrte tritt beim Gebrauch von Concavgläsern ein, welche das Object verkleinern und desshalb entfernter erscheinen lassen. In dieser Weise erleidet der erste Factor eine Veränderung.

Der zweite Factor hängt von dem ersten ab. Grade der Unterschied in den Netzhautbildern ist es, welcher einen Unterschied in der Convergenz erfordert, je nachdem wir den einen oder den andern Punkt des Objectes betrachten. Es scheint desshalb unnöthig, besonders davon zu sprechen.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dass das stereoskopische Sehen mit zwei Augen beim Gebrauch von Gläsern in demselben Sinne unser Urtheil beeinflusst, wie es für jedes Auge besonders geschieht. Eine scheinbare Vergrösserung der zur Sehachse senkrechten Dimensionen veranlasst uns nämlich in beiden Fällen die Tiefe für relativ geringer zu halten, und umgekehrt werden wir aus einer Abnahme dieser Dimensionen verleitet, auf eine grössere Tiefe zu schliessen. Dabei ist indess die Veränderung der perspectivischen Projection, für jedes Auge besonders, im Allgemeinen von viel grösserem Einflusse, als die Veränderung im binoculären Sehen.

In Bezug auf den Einfluss der Gläser muss ich noch auf einige untergeordnete Punkte aufmerksam machen. Ich meine zunächst die scheinbare Bewegung der Gegenstände, die eintritt, wenn der Beobachter durch Bewegung seines Kopfes von einem Gegenstande zum andern übergeht. Sehen wir nämlich durch das Glas die Gegenstände unter einem kleinern Winkel, als mit unbewaffnetem Auge, so müssen wir den Kopf in einem verhältnissmässig hohen Grade drehen, um dadurch die Gesichtslinie abwechselnd auf den einen und den andern Rand des Gegenstandes zu richten, und die letztere scheint desshalb vor der Bewegung des Kopfes zu fliehen. Dagegen kommt er bei dieser Bewegung dem Blicke des Beschauers entgegen, wenn der Sehwinkel grösser ist; und es ist desshalb mit Rücksicht auf jenen eine geringere Bewegung des Kopfes erforderlich. Findet diess, wenn sich das Auge hinter dem Glase bewegt, nicht Statt, so ist es dem Umstande zuzuschreiben, dass Jemand, der schief durch ein Glas hindurch sieht, den Gegenstand nicht mehr in der Richtung erblickt, in welcher er sich wirklich befindet, und dass dadurch das Fehlen der Uebereinstimmung zwischen der Grösse der Netzhautbilder und der Bewegung, welche erforderlich ist, um sie über einen Punkt der Netzhaut wandern zu lassen, ausgeglichen wird.— Ohne diese Compensation hätten wir auf der vorigen Seite nicht sagen können, dass der zweite Factor des stereoskopischen Sehens durchaus vom ersten abhängt.

Schliesslich muss noch bemerkt werden, dass Gläser, wenn nicht die Grösse des Sehfeldes beschränken, so doch wenigstens die Gleichmässigkeit aufheben; dass die Augenbewegungen hinter den Gläsern nicht nach allen Richtungen frei sind, und dass durch Spiegelung an den beiden brechenden Flächen etwas Licht verloren geht.

Die unter 6. angeführten Anschauungen gründen sich auf die Lehre von den identischen oder correspondirenden Netzhautpunkten. Diese ist neuerdings vielfach angegriffen worden. Es scheint mir desshalb nöthig, mich hier über diesen Gegenstand auszusprechen. In Augen, deren Gesichtslinien keine krankhafte Abweichung darbieten, lässt sich die Existenz von Punkten, welche die empfangenen Eindrücke auf einander in den Raum projiciren, nicht läugnen. In diesem Sinne kann man die in denselben Meridianen gleich weit nach oben oder unten, rechts oder links von der *Fovea centralis* des gelben Fleckes liegenden Punkte als hinlänglich correspondirend betrachten. Doch ist die Identität nicht absolut. Die Bilder zweier Kreise von etwas verschiedener Grösse, das eine von der rechten, das andere von der linken Netzhaut wahrgenommen (entweder durch ein Stereoskop oder durch Convergenz), projiciren, wie schon Wheatstone fand, einen Kreis, dessen Grösse das Mittel von den beiden wirklich vorhandenen hält. Dagegen wird der Beobachter, wie er auch den kleinern in den grössern zeichnen, und welchen Punkt er jetzt fixiren mag, mit einem Auge noch immer die beiden Kreise unterscheiden und niemals einen von mittlerer Grösse sehen. So weit hatte Wheatstone ohne Zweifel Recht, als er in Folge seiner Entdeckung die Lehre von den identischen Netzhautpunkten verwarf. Soweit ist auch der oben aufgestellte Satz, dass jede Verschiedenheit in der Form der Netzhautbilder zum Doppeltsehen der nicht auf correspondirende Stellen fallenden Punkte Veranlassung gibt, zu berichtigen.

Der Angriff gegen die Identitätslehre ist aber weiter geführt worden. Einige begannen damit, die Projection der Netzhautbilder in den Raum von Seite des Geistes ganz zu leugnen. Diess wäre nicht geschehen, wenn die Beobachter immer zwischen zwei verschiedenen Dingen unterschieden hätten: der Projection des Sehfeldes und der Projection eines Punktes im Sehfelde. (Vergl. Ueber die Bewegungen des Auges von F. C. Donders. Holländ. Beiträge etc., B. I. pp. 105 und folgend. 1848). Die Projection des Sehfeldes hängt von dem Urtheile über die Richtung unseres Auges ab; und das Urtheil ist ziemlich genau, wenn das Auge bei normaler Bewegung willkührlich in diese Lage gebracht ist. In welchem Theil des projicirten Sehfeldes wir aber einen bestimmten Punkt projiciren, wird durch den Ort bestimmt, welchen sein Bild auf der Netzhaut einnimmt.

Auf diese Weise ist jede Projection unter normalen Verhältnissen erklärt. Dadurch wird auch verständlich, wie bei richtig fixirenden Augen, wenn der Beobachter sich der Richtung bewusst ist, correspondirende Netzhautpunkte die erhaltenen Eindrücke im Raume auf einander projiciren. Diess kann sogar noch unter abnormen Verhältnissen andauern. Bei recenter Paralyse eines Muskels z. B. beur-

theilt man die Richtung der Gesichtslinie unrichtig und projicirt folglich das Sehfeld und mit ihm jeden Punkt des Sehfeldes in einer falschen Richtung. Wir glauben, dass die abweichende Gesichtslinie die normal gerichtete in dem Punkte schneidet, den wir zu sehen wünschen, und projiciren in Folge dessen das auf die *Fovea centralis* des abweichenden Auges fallende Bild auf das projicirte Bild der *Fovea centralis* des fixirenden Auges. Diese beiden verschiedenen Bilder scheinen desshalb einander zu decken. Ist die Abweichung nicht gross, so erkennen wir den direct gesehenen Gegenstand des fixirenden Auges sogleich als von dem abweichenden Auge indirect gesehen, und so ist Doppeltsehen die Folge davon. In jedem Falle entsteht aber auch für's directe Sehen eine Störung, welche besonders bemerkbar wird, wenn zufällig ein stark beleuchteter Theil des Sehfeldes sein Bild auf dem gelben Flecke des abweichenden Auges entwirft. Indess beschäftigen wir uns fast immer mit den besser beleuchteten Theilen des Gesichtsfeldes, und die Folge davon ist, dass im Allgemeinen das Bild auf dem gelben Flecke des fixirenden Auges das des abweichenden Auges an Klarheit übertrifft. Diess macht es leichter, das Bild des letztern Auges zu vernachlässigen; und es ist sehr bemerkenswerth, dass diese immer zunehmende psychische Abstraction alsbald physiologische Stumpfheit, d. h. Mangel an Sensibilität, hervorruft.

So weit passt das Gesetz von den identischen Netzhautstellen ganz gut. Es kommt aber, besonders in Fällen von *Strabismus divergens*, vor, dass wir uns auch der Richtung des abgewichenen Auges bewusst werden. Diess ist der Fall, wenn man fortfährt auch diess Auge für sich zu verwenden.

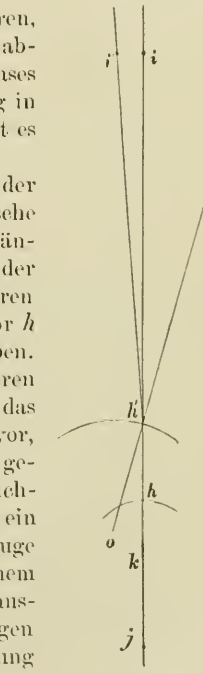
In diesen Fällen wird ein Gegenstand im Allgemeinen noch mit dem Auge fixirt, dessen Muskeln normal fungiren. Halten wir nun ein zweites Object in die Sehlinie des abgelenkten Auges und fordern den Kranken auf, dasselbe zu fixiren, so bleiben manchmal die Augen vollkommen in Ruhe. Der Kranke kann sich so abwechselnd mit dem einen oder dem andern Objecte beschäftigen, welches sein Bild resp. auf dem einen oder dem andern gelben Flecke entwirft, und weiss genau, in welcher Richtung ein jedes derselben sich befindet. In diesem Falle ist es zunächst bemerkenswerth, wie sicher der Kranke unterscheidet, mit welchem Auge er etwas wahrnimmt. Derjenige, welcher zwei gute, sich normal bewegende Augen besitzt, ist sich dessen durchaus nicht bewusst; wir können z. B. nur durch Schliessen des einen Auges bestimmen, in welchem Auge wir *Mouches volantes* haben. Zweitens erhellt aber hieraus mit vollkommener Sicherheit, dass die correspondirenden Punkte bei einem solchen Individuum ihre gegenseitige Beziehung verloren haben. In der That wird dasjenige, was auf den beiden gelben Flecken abgebildet ist, nach aussen in sehr verschiedene Richtungen projicirt, und ebenso auch Objecte, welche sich auf gleichgerichteten Meridianen in Punkten abbilden, die von der *Macula lutea* gleich weit entfernt sind. Die Ursache nun, warum ursprünglich correspondirende Punkte in verschiedene Richtungen projicirt werden, ist offenbar keine andere, als dass das ganze Sehfeld in eine andere Richtung projicirt ist. Die Projection der verschiedenen Punkte derselben Netzhaut ist mit Bezug auf ihre Lage zu einander dieselbe geblieben. Diese Beziehung ändert sich nur dann, wenn die Netzhaut gefaltet oder unregelmässig ausgedehnt ist; und ich möchte nicht zu behaupten wagen, dass, wenn die Sehschärfe erhalten bliebe, die Projection durch Beobachtung und Uebung nicht nach und nach wieder dahin gebracht werden könnte, der wirklichen Lage der Objecte zu entsprechen. Bei Besprechung der progressiven Myopie werde ich noch auf diesen Punkt zurückkommen. Aus dem Vorstehenden geht jedoch so viel hervor, dass die durch Muskelanomalie hervorgerufene Ablenkung der Sehlinie, welche ursprünglich eine falsche Projection erzeugt, uns durch Uebung zum Bewusstsein kommen kann, und dass dadurch jedes Auge unabhängig vom andern zu projiciren beginnt. Es bedarf keines weitern Beweises, dass in Folge dessen Doppelbilder, welche uns nach der Theorie der identischen Punkte als gekreuzte erscheinen müssten, in gleichseitige verwandelt werden. Es kann daher von einer organisch nothwendigen Gleichheit des Eindruckes von correspondirenden Punkten beider Netzhäute, welche zu einer ebenso nothwendigen Gleichheit der Projectionsrichtung führen würde, nicht die Rede sein. Trotzdem aber bleibt das, was wir im Beginne aussprachen, wahr, dass, sei es Folge angeborner Verhältnisse, oder Ergebniss der Uebung, in Augen, deren Sehlinien keine krankhafte Ablenkung zeigen, gewisse correspondirende Punkte der Netzhaut die empfangenen Eindrücke auf dieselbe Stelle im Raum projiciren.

Im Beginn dieses Paragraphen wurde angegeben, dass ich bei der Untersuchung über die Wirkung von Gläsern vorläufig angenommen habe, die Achse der Gläser falle mit der Sehachse zusammen. Diess ist nun sicherlich fast niemals genau der Fall. Denn erstens sind die Gläser in einem Brillenpaar nicht präcise so gestellt, dass die Entfernung ihrer beiden Achsen genau der zwischen den parallelen Gesichtslinien gleich ist, und überdiess kommen sie beim Aufsetzen der Brille leicht etwas höher oder niedriger zu stehen, als die Gesichtslinien, oder es haben die Gläser, und folglich auch ihre Achsen, bei lothrechter Stellung des Kopfes eine gewisse Neigung. Zweitens ändert jede Bewegung des Auges unmittelbar die Beziehung zwischen den Sehlinien und den Achsen der Gläser.

Die Frage ist nun, was ist die Folge dieser Abweichung?

Erstens erhalten wir, wenn die Achse des Glases wohl parallel zur Sehlinie, aber nach einer oder der andern Richtung verschoben ist, gleichfalls eine Verschiebung des durch das Auge gesehenen Objectes. Wir überzeugen uns hievon, indem wir ein convexes oder ein concaves Glas vor dem Auge vorbeiführen, wobei wir immer parallel zur Achse blicken, aber abwechselnd durch die Mitte und die Randtheile des Glases sehen. Ist das Glas convex, so tritt die Verschiebung in entgegengesetzter Richtung zu der des Glases auf, ist es concav, in derselben Richtung.

Fig. 88



Die Erklärung ist einfach. Es sei k (Fig. 88) der Krümmungsmittelpunkt für h, welches das dioptrische System des Auges darstellt, i ein Punkt in der verlängerten Achse kh, so wird dieser Punkt sein Bild in der Achse, z. B. bei j, finden. Wird nun eine Linse, deren Krümmungsmittelpunkte in die Linie jk fallen, vor h gesetzt, so wird das Bild von i in derselben Linie bleiben. Wird hingegen eine brechende Oberfläche, wie h', deren Krümmungsmittelpunkt in o ist, vor h gestellt, so ist das Obige nicht mehr der Fall. Stellen wir uns z. B. vor, dass hh' ein reflectirter Strahl sei, so wird er, bei h' gebrochen, sich vom Lothe vo entfernen und in der Richtung $h'i'$ weitergehen; umgekehrt muss folglich ein Strahl, um nach der Brechung in h' als hh' ins Auge treten und als hj weiter gehen zu können, von einem in der obigen Linie gelegenen Punkte, z. B. von i' ausgehen. Es wird daher offenbar ein Punkt, der in i' gelegen ist, in i gesehen werden, d. h. es tritt eine Verschiebung ein, in einer Richtung, welche derjenigen, in welcher die Achse eines Convexglases vor der Sehlinie geschoben wird, entgegengesetzt ist.

Hieraus folgt, dass, wenn die beiden Convexgläser einer Brille zu nahe an einander stehen, die Objecte für beide Augen mehr nach auswärts verschoben sind, und daher geringere Convergenz erfordert wird; das Gegentheil aber stattfindet, wenn die Gläser zu weit von einander entfernt sind. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn es sich um Concavgläser handelt. In jedem Falle

ist die Aenderung der erforderten Convergenz desto geringer, je schwächer die Gläser sind, und je weniger sie zur Seite geschoben werden. Ich habe schon vor vielen Jahren von einer solchen excentrischen Stellung der Gläser in solchen Fällen mit Vortheil Gebrauch gemacht, wo wegen Insufficienz irgend eines Muskels anderweitig eine Combination mit einem schwachen Prisma angezeigt war. Es wird auch bei derartigem Vorgehen nicht leicht geschehen, dass wir die Grenzen überschreiten, wodurch die Schärfe der Bilder stark leiden würde. Wenn wir jedoch die Convergenz der Sehlinien in Bezug auf die Entfernung so wenig als möglich schmälern wollen, so müssen wir, wie diess von Giraud-Teulon und Knapp richtig hervorgehoben wurde, die Distanz der Gläser entsprechend der reciproken Distanz der Sehlinien reguliren. Wir müssen dann, wie Knapp bemerkt, insbesondere auf die Achsen der Gläser achten, denn diese entsprechen nicht immer dem Mittelpunkte. Um nun die Achse zu finden, müssen wir uns jene Stelle des Glases aussuchen, welche wir vor das Auge halten müssen, um eine verticale Linie, selbst wenn das Glas gedreht wird, durch das Glas und ober oder unter demselben, ungebrochen als eine zu sehen.

Wir brauchen jedoch bei Regulirung der Achse nicht allzu sorgfältig zu sein. Es ist oft ganz indifferent, ob man etwas mehr oder weniger convergiren muss, um einen Gegenstand zu sehen, und wäre diess nicht der Fall, so würde unwillkührlich die Distanz zwischen Auge und Object etwas verringert oder vergrössert und dadurch die Disharmonie ausgeglichen werden. Von Seite der Accommodation steht dagegen keine Schwierigkeit zu erwarten; ihre Grenzen sind in der That unter dem Einflusse der gewählten Gläser nicht so scharf bestimmt, dass wir eine leichte Veränderung der Convergenz, bei welcher Accommodation für eine gewisse Entfernung gefordert wird, billigen oder tadeln könnten. Wir haben blos dafür besondere Sorge zu tragen, dass wir für Brillen, welche im Freien getragen werden sollen, keine so kleine Distanz der Achsen bei concaven, und keine so grosse bei convexen Gläsern wählen, dass beim Sehen in grosse Ferne eine Divergenz der Sehlinien erforderlich werde, welche leicht Beschwerden erregen könnte. Vor Allem müssen wir aber eine Verschiedenheit in der Höhe der Achsen, welche eine gegenseitige Abweichung der Sehlinien in verticaler Richtung erzeugen würde, zu vermeiden suchen.

Was zweitens den Umstand betrifft, dass man unter einem gewissen Winkel zur Achse durch das Glas sehen muss, so haben wir bereits bemerkt, dass diess beim Gebrauch von Brillen unvermeidlich ist. Die hiedurch bedingte Abweichung ist doppelter Art. Erstens zeigt sich das direct gesehene Object in einer andern Richtung, als es sich wirklich befindet. Eine Construction, wie die obige (Fig. 88), in der Art modificirt, dass die Achse der Linse einen Winkel mit der Sehlinie macht, zeigt diess direct. Diese geänderte Richtung ist, wie wir bereits bemerkt haben, von der Art, dass die Störung der Harmonie zwischen dem Winkel, unter welchem wir eine Dimension durch convexe oder concave Gläser sehen, und der Drehung des Auges, welche erfordert wird, um denselben zu durchmessen, genügend compensirt ist; überdiess verursacht diese Abweichung keine Störung. Zweitens aber werden die Gegenstände weniger scharf gesehen. Nebst der gewöhnlichen Aberration tritt in der That eine neue und sehr wichtige auf. Hiervon können wir uns überzeugen, indem wir durch

ein schief vor's Auge gehaltenes Convex- oder Concav-Glas nach einem Lichtpunkte sehen, oder noch besser, wenn wir das dioptrische Bild eines Lichtpunktes, welches durch eine schief gestellte Convexlinse entworfen wurde, auf einem Schirm auffangen. Dieses Bild hat einen hellen, excentrisch gelegenen Punkt, von welchem das Licht hauptsächlich nach einer Richtung in Form eines Fächers sich verbreitet, so dass es uns an das Aussehen eines Kometen erinnert. Ich werde bei Besprechung des Astigmatismus auf diesen Gegenstand zurückkommen. Hier sei nur so viel bemerkt, dass die verminderte Schärfe der Bilder, insbesondere wenn es sich um starke Gläser handelt, es dringend nöthig macht, auf die Richtung der Achsen zu achten. Werden die Brillen blos für die Ferne gebraucht, so müssen die Achsen nahezu parallel und horizontal gestellt werden, bei Brillen für nahe Objecte hingegen müssen sie verhältnissmässig convergiren und nach abwärts gerichtet sein. Diess ruft beim Gebrauche starker Gläser die Schwierigkeit hervor, dasselbe Gestell für jede Entfernung, selbst in jenen Fällen zu gebrauchen, wo die Accommodationsbreite noch den Gebrauch derselben Gläser gestatten würde. Die Neigung der Achsen kann wohl durch entsprechende Stellung der Brillen genügend modificirt werden, aber die Convergenz derselben lässt sich ohne Biegen des Gestelles nicht ändern. Es muss daher die Convergenz der mittleren Entfernung entsprechen, für welche die Brillen gebraucht werden; dadurch wird der Spielraum in der Convergenz der Sehlinien während des Gebrauches am wenigsten beschränkt.

Anmerkung zu § 12.

Wir haben in diesem Paragraphen blos von den unmittelbaren Wirkungen der Convex- und Concav-Gläser gesprochen. Die mittelbaren Folgen derselben in Bezug auf Refraction, Accommodation, Augenbewegungen etc. will ich lieber in Verbindung mit jenen Anomalien besprechen, bei welchen besondere Brillen erforderlich sind.

Ich glaubte auch recht zu thun, hier die Wirkung einfacher und zusammengesetzter cylindrischer Gläser mit Stillschweigen zu übergehen. Dieselben werden blos beim Astigmatismus angewendet und daher passender in dem dieser Anomalie gewidmeten Kapitel besprochen.

In Betreff der verschiedenen Formen von Brillengestellen, der wünschenswerthen Distanz der Gläser vom Auge, des Gebrauches von Lorgnetten für ein und für beide Augen, der Anwendung des Leseglases, der Lupe und der Operngläser etc., werden sich einige Bemerkungen bei Besprechung der Anomalien der Accommodation und Refraction finden, da diese Instrumente mit ihnen zusammen in Betracht kommen. Im Allgemeinen verdienen über diesen Gegenstand folgende Schriften nachgelesen zu werden: Szokalski, Prager Vierteljahrschrift B. V. 1, 1848; Smee, The Eye, in Health and in Disease. London, 1854, pp. 44 et seq. und Arlt, Die Pflege der Augen im gesunden und kranken Zustande. 3. Auflage, Prag, 1865.

Anmerkung zum vierten Kapitel.

Die Hauptliteratur über Brillen findet sich bei Ruete (Lehrbuch der Ophthalmologie für Aerzte und Studirende, B. I. p. 238. Braunschweig, 1853). Brillen gehören zu den unentbehrlichsten Instrumenten für die Menschen. Dem Einen erweitern sie sein Sehvermögen bis ins Unendliche, und Andere müssten sich ohne

Brillen zu einer gewissen Zeit ihres Lebens aller jener Beschäftigungen enthalten, zu welchen sie in der Gesellschaft berufen sind. Wenn wir noch hinzufügen, dass die Brillen den Grund zur Erfindung des Fernrohres und des Mikroskopes gelegt haben, deren mächtiger Einfluss auf die Entwicklung der meisten Naturwissenschaften so offenbar vor Augen liegt, so dürfen wir auf diese einfachen Instrumente nicht ohne Achtung hinabsehen. Die Geschichte der gewöhnlichen Concav- und Convex-Gläser, welche wir hier ausschliesslich im Auge haben, ist etwas dunkel. Wer für dieselbe ein besonderes Interesse hat, wird die meisten wesentlichen Punkte in dem Werke meines Collegen Prof. P. Harting kurz zusammengestellt finden. (S. die deutsche Uebersetzung von Theile unter dem Titel: Das Mikroskop, p. 585. Braunschweig, 1859).

W. Krecke, Ph. D., Vicedirector des königlichen meteorologischen Observatoriums machte auf den Gebrauch von prismatischen Gläsern bei Strabismus aufmerksam. Seiner Mittheilung fügte ich meine Untersuchungen über die physiologische Wirkung dieser Gläser hinzu (Nederlandsch Lancet, D. 111, pp. 227 et. seq., 1847). Von Gräfe (A. f. O., div. loc.) zeigte insbesondere, wie sowohl für die Diagnose, als auch für die Therapie aus denselben noch mehr Nutzen gezogen werden könne.

Der Gebrauch des stenopäischen Apparates wurde von mir eingeführt (vergl. van Wijngaarden, over stenopaeische Brillen. Diss. inaug. Utrecht, 1856, und A. f. O., B. 1, Abth. 2). Freilich wurde bei Mydriasis schon früher von kleinen Oeffnungen Gebrauch gemacht, aber es fiel Niemandem ein, durch dieselben den schädlichen Einfluss von Trübungen zu beseitigen. Wie diese, indem sie diffuses Licht ins Auge werfen, das Sehvermögen beeinträchtigen (vergl. pp. 109, 110), wurde ebenfalls zuerst in der Schrift von Wijngaarden auseinandergesetzt. Die daselbst gegebene Erklärung steht ganz im Einklange mit dem von Fechner für die Sinne im Allgemeinen gefundenen Gesetze (Ueber ein wichtiges psycho-physisches Grundgesetz. Leipzig, 1859, und Elemente der Psycho-Physik. Leipzig, 1860).

Blaue und grüne Gläser sind sehr beliebt, um das Licht zu mässigen. In einem kürzlich von Professor Dr. Ludwig Böhm unter dem Titel: Die Therapie des Auges mittelst des farbigen Lichtes. Berlin, 1862, veröffentlichten Werke werden blaue Gläser von verschiedenen Schattirungen bei zahlreichen, insbesondere functionellen Störungen der Netzhaut sehr empfohlen.

SPECIELLER THEIL.

I. REFRACTIONS-ANOMALIEN.

FÜNFTES KAPITEL.

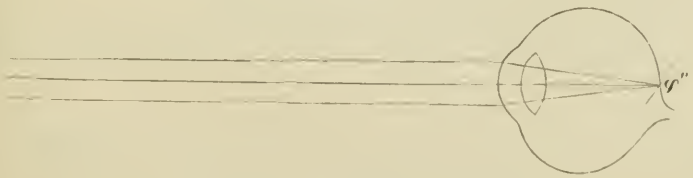
Das emmetropische Auge.

Das emmetropische Auge liefert uns, sowohl was seinen Bau, als was seine Functionen anbelangt, die Norm, nach welcher die Refractionsanomalien zu beurtheilen sind. Die Kenntniss des emmetropischen Auges muss daher hier einen hervorragenden Platz einnehmen. Es darf aber auch noch aus einem andern Grunde nicht mit Stillschweigen übergangen werden, da es so wenig, wie irgend ein anderer Theil des menschlichen Körpers, dem Einflusse des Alters sich entziehen kann. Schon frühzeitig nimmt die Accommodationsbreite ab, später die Sehschärfe, und zuletzt wird die Emmetropie, indem sie in erworbene Hypermetropie übergeht, gar in Ametropie verwandelt. Wir haben desshalb vom emmetropischen Auge in seiner retrograden Metamorphose, in seinem Nachgeben gegen das Alter zu handeln. Dazu sind wir um so mehr berufen, als die Kunst das Auge gegen die Folgen der senilen Metamorphose in Schutz zu nehmen und durch richtige Mittel in die Lage zu versetzen vermag, seine Functionen auch im vorgerückten Alter zu erfüllen.

§ 13. Definition des emmetropischen Auges; das schematische Auge; das reducirte Auge.

Das emmetropische Auge ist ein Auge, dessen Hauptbrennpunkt bei Accommodationsruhe in der Netzhaut liegt (Fig. 89). Von unendlich entfernten Gegenständen, welche parallele Strahlen aussenden, empfängt daher seine

Fig. 89.



Netzhaut scharfe Bilder, die sich weder durch Convex-, noch durch Concavgläser verbessern lassen, und vermittelst seiner Accommodation sieht es eben so scharf in verhältnissmässig geringer Entfernung. Kein anderer Refractionszustand des Auges ist im Stande seinem Accommodationsbereiche eine so grosse Ausdehnung zu geben.

Wir haben schon oben (p. 70) nachgewiesen, dass dieser Refractionszustand als der normale zu betrachten ist. Sonderbarer Weise war man lange Zeit beinahe allgemein der Ansicht, dass fast jedes Auge mehr oder weniger myopisch sei; dass es in unendlicher Entfernung, abgesehen von der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Luft, nur ausnahmsweise möglich sei, Gegenstände unter demselben kleinsten Gesichtswinkel, wie in mittlerer oder geringer Entfernung, zu unterscheiden. Diess ist ein Irrthum. Denn nur zu oft weicht das Auge in entgegengesetzter Richtung vom Normalen ab und kann, bei hypermetropischem Baue, convergirende Strahlen zu einem Brennpunkte auf der Netzhaut vereinigen.

Ist das emmetropische Auge als das typische, das normale Auge zu betrachten, so erhebt sich eine andere Frage, ob es gleichzeitig auch das gewöhnliche Auge sei und Ametropie also die Ausnahme bilde.

In absolut mathematischem Sinne ist vielleicht kein einziges Auge emmetropisch zu nennen. Denn zunächst habe ich niemals ein Auge getroffen, dessen Brennweite in den verschiedenen Meridianen absolut dieselbe war; im Allgemeinen ist die Brennweite, wie weitläufiger in dem Kapitel über Astigmatismus dargethan werden soll, im vertikalen Meridian des Auges kürzer, als im horizontalen. Aber auch davon abgesehen muss man hier, wenn irgendwo, für die Norm einen gewissen Spielraum gelten lassen.

Leichte Grade von Myopie, z. B. $M = \frac{1}{120}$, wo in der Entfernung von 10 Fuss ($= 120''$) das Sehen noch vollkommen genau ist, bleiben fast immer unbeobachtet. Leichte Grade von Hypermetropie lassen sich in der Jugend gar nicht nachweisen, viel weniger nach ihrem numerischen Werthe ausdrücken; wenn wirklich im Zustande vollkommener Accommodationsruhe das Brechungsvermögen des Auges etwas zu gering ist, wird diess nämlich durch die Accommodation gedeckt. Wenn übrigens auch das Auge bei Accommodationslähmung emmetropisch wäre, so bringt der Tonus der Accommodationsmuskeln allein schon einen leichten Grad von Myopie hervor. Ein wirklich emmetropisches Sehen erfordert mithin gewissermaassen ein Minimum von Hypermetropie, und diess Minimum lässt sich nicht genau schätzen, weil man dem Tonus selbst einen gewissen Spielraum, etwa zwischen $\frac{1}{100}$ und $\frac{1}{40}$, zugestehen muss.

In diesem Sinne, und nur dieser hat eine praktische Berechtigung, ist die Mehrzahl der jugendlichen Augen emmetropisch.

Schliesslich wäre noch die Frage zu erörtern, ob Emmetropie der wünschenswertheste Refractionszustand ist. Was mich betrifft, so würde ich einem leichten Grade von Myopie den Vorzug geben, wofür ich später meine Gründe anführen werde.

Das emmetropische Auge lässt sich dioptrisch auf verschiedene Weise herstellen. Von den möglichem Unterschieden der Brechungscoefficienten abgesehen, kann eine Ausgleichung stattfinden zwischen:

a. dem Krümmungshalbmesser der Hornhaut; je kleiner dieser ist, desto kürzer ist ihre Brennweite,

b. der Form der Linse; je convexer ihre Oberflächen, um so kürzer ist ihre Brennweite,

c. der Lage der Linse; die Brennweite des ganzen Systems ist um so kürzer, je weiter nach vorne sie liegt,

d. der Länge der Sehachse; sie braucht nur der aus *a*, *b* und *c* resultirenden Bedingung zu genügen, um das Auge in jedem Falle emmetropisch zu machen.

Indessen bietet jeder der erwähnten Factoren für sich im emmetropischen Auge verhältnissmässig geringe Unterschiede dar. Für die Hornhaut ergibt sich diess unmittelbar aus einer grossen Anzahl von Messungen [1]). Für die andern Factoren lässt es sich aus Gründen, die mich hier zu weit führen würden, annehmen.

So sind wir vollkommen zur Aufstellung eines schematischen Auges berechtigt, das wir den verschiedenen Berechnungen zu Grunde legen. Die von Listing angenommenen Werthe sind von Helmholtz etwas geändert, indem er die Linse etwas flacher gemacht und etwas mehr nach vorne gerückt hat. Mit diesen Veränderungen habe ich dieselben p. 58 adoptirt und daselbst mit den Werthen eines für die Nähe accommodirenden Auges zusammengestellt.

Nach Listing's [2]) Vorgang können wir mit der Vereinfachung noch einen Schritt weiter gehen. In der That ist es gestattet, das zusammengesetzte dioptrische System des Auges auf eine einzige brechende Oberfläche, die nach vorne von Luft, nach hinten von Humor aqueus oder Corpus vitreum begränzt ist, zu reduciren, und diess reducirte Auge lässt sich einer grossen Anzahl von Betrachtungen und Berechnungen, die nicht gerade die grösste Genauigkeit erfordern, zu Grunde legen. Mit Hülfe dieses reducirten Auges können wir uns auf die leichteste Weise eine genügende Vorstellung von der Grösse der Netzhautbilder, von der Lage der conjugirten Brennpunkte, der Ausdehnung der Zerstreuungskreise bei unvollkommener Accommodation, bei Astigmatismus u. s. w. und über viele andere Punkte verschaffen.

Das Recht zu dieser Vereinfachung leiten wir von der Kleinheit des gegenseitigen Abstandes der beiden Knoten-, so wie der beiden Hauptpunkte im Auge her. Dieser Abstand beträgt nämlich weniger, als $^1/_4$ Millimeter. Es ist klar, dass eine Vernachlässigung desselben für viele Berechnungen nur einen sehr kleinen Fehler veranlassen wird. Wir erhalten auf diese Weise ausser den zwei Hauptbrennpunkten als Cardinalpunkte nur noch einen Hauptpunkt h und einen Knotenpunkt k, der zugleich der optische Mittelpunkt ist, d. h. wir behalten einfach die Cardinalpunkte einer einzigen brechenden Oberfläche (vergl. p. 35 — 38), deren Krümmungsmittelpunkt k ist. Zufällig beträgt der Krümmungsradius des reducirten menschlichen Auges 5^{mm}. Nehmen wir nun den Brechungscoefficienten auch fernerhin zu $^1/_3$ an, so ergibt sich daraus eine so einfache Lage der Cardinalpunkte, dass wir sie ohne Mühe unserm

---

[1]) Verslagen en Mededeelingen van de Koninkl. Akademie van Wetenschapen. 1860, D. XI. p. 159.

[2]) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, IV. p. 493.

Gedächtnisse einprägen und manche Berechnung aus dem Kopfe ausführen können. Darauf lege ich aber grossen Werth, weil unsere Vorstellungen dadurch sehr an Klarheit gewinnen.

Fig. 90.

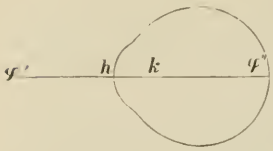


Fig. 90 stellt das reducirte Auge in seiner wirklichen Grösse dar. k ist der optische Mittelpunkt, h ist der Hauptpunkt, $k\,h = 5^{mm}$ ist der Krümmungsradius der brechenden Oberfläche, $\varphi_{,,}$ ist der hintere Hauptbrennpunkt, d. h. der Brennpunkt für Strahlen, welche in der Luft parallel sind (Fig. 91); $\varphi_{,}$ ist der vordere Hauptbrennpunkt, d. h. der Brennpunkt für Strahlen, welche im Corpus vitreum parallel sind (Fig. 92).

Fig 91.

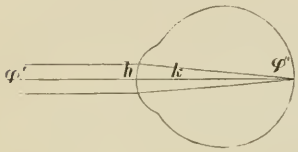
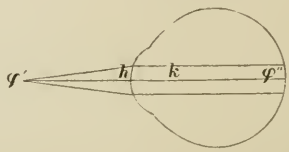


Fig. 92.



$h\,\varphi_{,,} = F_{,,}$ ist die hintere Hauptbrennweite $= 20^{mm}$, $h\,\varphi_{,} = F_{,}$ ist die vordere Hauptbrennweite $= 15^{mm}$. Mithin ist der Brechungscoefficient $\frac{n'}{n} = \frac{4}{3}$, da $F_{,,} : F_{,} = 20 : 15$ ist.

Der Sinn dieser Reduction ist folgender. Wir setzen statt des gewöhnlichen Auges ein anderes mit einer Hornhaut, deren Krümmungshalbmesser nur 5^{mm} lang ist, während hinter ihr sich nur Humor aqueus oder Corpus vitreum befindet, ohne Linse und mit einer Sehachse von 20^{mm} Länge. In einem solchen Auge würden die Netzhautbilder dieselbe Grösse, dieselbe Schärfe und dieselbe Lage haben, wie in einem emmetropischen Auge mit seiner Hornhaut von 8^{mm} Krümmungshalbmesser, mit seiner Linse von ein wenig mehr als 43^{mm} Hauptbrennweite und mit seiner Sehachse von etwas mehr als 22^{mm}; und es kann desshalb jenes in der That für diess letztere gesetzt werden.

Dass sich das System bei dieser Reduction nur wenig ändert, wird, durch eine einfache Betrachtung einleuchten. Zunächst ist die Hornhaut die wichtigste brechende Fläche, an der die Strahlen am meisten abgelenkt werden. Ihre Brennweite beträgt $31{,}1^{mm}$, während die Linse eine Brennweite von 43.1^{mm} hat. Sodann liegen in der Linse die beiden Hauptpunkte so nahe bei einander, dass man sie in ein einziges optisches Centrum vereinigen kann. Wenn wir nun bedenken, dass dieses optische Centrum der Linse 16^{mm}, das der Cornea etwas mehr, als 14^{mm} vor der Netzhaut liegt, so werden wir begreifen, dass die Wirkung beider in einem Punkt vereinigt sein muss, welcher 15^{mm} vor der Netzhaut liegt. Um endlich auch die dioptrische Wirkung der Linse und der Hornhaut in einer brechenden Oberfläche zu vereinigen, so ist dazu ein Krümmungsradius von 5^{mm} erforderlich, weil der Brechungscoefficient $^4/_3$ beträgt.

Anmerkung zu § 14.

Die in runden Zahlen angenommene Reduction unterscheidet sich kaum von der durch Rechnung (siehe die Methode bei Listing l. c. p. 493) und von dem schematischen Auge von Helmholtz.

Statt der berechneten Werthe	haben wir angenommen:
$F_{,} = 15{\cdot}036$	15
$F_{,,} = 20{\cdot}113$	20
$hk = 5{\cdot}077$	5

Damit in Verbindung haben wir statt des Brechungsverhältnisses $\frac{103}{77}$ angenommen $\frac{100}{75} = \frac{4}{3}$, welche Werthe sich zu einander wie 308 : 309 verhalten. Listings schematisches Auge unterscheidet sich freilich etwas mehr von den runden Zahlen; doch hat Listing sich selbst an einem andern Orte (Beitrag zur physiolog. Optik. Götting. 1845) für berechtigt gehalten, dieselben runden Zahlen zu wählen. Ich werde nun an einigen Beispielen zeigen, welcher Gebrauch sich von den aufgestellten Zahlen machen lässt, um sich über manche Fragen eine hinreichend genaue Vorstellung zu verschaffen.

a. Zunächst fällt ein nach k (vergl. p. 37 und folgd.; Fig. 19) gerichteter Strahl mit dem Krümmungshalbmesser zusammen und geht also ungebrochen hindurch. Sei ii ein Gegenstand B, jj sein Bild β; sei $ki = g'$ der Abstand des Gegenstandes von k; $kj = g''$ der Abstand des Bildes von k. Dann ist augenscheinlich $B : \beta = g' : g''$. Nun sahen wir, dass $g' = 15^{mm}$. Wir haben also die Entfernung des Gegenstandes g', in Millimetern ausgedrückt, einfach durch 15 zu dividiren um zu finden, wie vielmal kleiner als der Gegenstand das Netzhautbild ist. Ein Meter, in 15^{m} (15000^{mm}) Entfernung aufgestellt, gibt ein 1000mal kleineres Netzhautbild, beträgt also gerade einen Millimeter.

b. Wenn das Auge für unendliche Entfernung eingestellt bleibt, so fällt das Bild j eines in endlicher Entfernung vor dem Auge befindlichen Punktes i hinter die Netzhaut. Wie weit hinter der Netzhaut liegt es? Mit andern Worten, wie gross ist $f_{,,} - F_{,,} = Y$? Oben (p. 39) fanden wir die Entfernung kj, als $f_{,,} = \frac{f_{,} F_{,,}}{f_{,} - F_{,}}$.

Setzen wir $f_{,} - F_{,} = \zeta$, so ist $f_{,} = \zeta + F_{,}$ und wir können $f_{,,} = \frac{F_{,,}(\zeta + F_{,})}{\zeta}$ setzen, $f_{,,} = F_{,,} + \frac{F_{,,} F_{,}}{\zeta}$ und folglich $f_{,,} - F_{,,} = \frac{F_{,,} F_{,}}{\zeta}$.

Um also $f_{,,} - F_{,,} = y$, d. i. die Entfernung von j hinter der Netzhaut zu finden, haben wir blos das Product $F_{,,} F_{,} = 20 \times 15 = 300$ durch ζ, d. i. durch die Entfernung des Gegenstandes von dem vordern Brennpunkt $\varphi_{,}$ zu dividiren. Liegt der Punkt i 320^{mm} von k, d. i. 300^{mm} von $\varphi_{,}$ entfernt, so fällt sein Bild j genau 1^{mm} (300 : 300 = 1) hinter die Netzhaut. Ein Punkt i, in 1 Meter Entfernung vor $\varphi_{,}$ (1020^{mm} von k) gelegen, lässt sein Bild j nur $0{\cdot}3^{mm}$ (300 : 1000 = 0·3), ein Punkt i, 100^{mm} vor $\varphi_{,}$ gelegen, lässt sein Bild j nicht weniger, als 3^{mm} (300 : 100 = 3) hinter die Netzhaut fallen. Auf diese Weise können wir y leicht aus dem Kopfe für jede Entfernung von i berechnen.

c. Wenn wir so y kennen, so können wir ferner ohne Schwierigkeit den Durchmesser der Zerstreuungskreise finden, und so eine Vorstellung von dem Grade der Genauigkeit des Sehens gewinnen. In dem reducirten Auge ist die Sache sehr einfach; ein vom Punkte i ausgehender Strahlenkegel vereinigt sich in j. Auf der Netzhaut in $\varphi_{,,}$ hat dieser Kegel noch einen gewissen Durchschnitt; das ist der Zerstreuungskreis. Wir brauchen die Länge $\varphi_{,,} j$ blos durch die Länge des ganzen Kegels, von der Pupille an gerechnet, zu dividiren, um zu finden, in welchem Verhältniss die Pupille als Zerstreuungskreis reducirt ist. Setzen wir die Entfernung von der Pupille bis nach $\varphi_{,,}$ zu 19^{mm} fest, so ist, wenn $y = 1^{mm}$, der Zerstreuungs-

kreis $(1 : 19 + 1)$ $^1/_{20}$ von dem Durchmesser der Pupille; bei $y = 2^{mm}$ ist er $^2/_{21}$, bei $y = 3^{mm}$ $^3/_{22}$ u. s. w.

Nimmt man den Durchmesser der Pupille zu 4^{mm} an, so beträgt der Durchmesser x des Zerstreuungskreises im ersten Falle $^1/_5$, im zweiten $^5/_{21}$, im dritten $^4/_{11}{}^{mm}$ u. s. w. Hieraus geht hervor, das bei gleicher Ungenauigkeit der Accommodation die Zerstreuungskreise um so grösser, und folglich die Sehschärfe um so geringer wird, je weiter die Pupille ist.

Um ganz genau zu sein, sollten wir die Lage und die Grösse der Pupille so in Rechnung ziehen, wie sie als Bild der Linse erscheinen. Der Einfluss der Linse ist jedoch nicht gross. Bei einer wirklichen Grösse von 4^{mm} wird ihr Linsenbild $4{\cdot}23^{mm}$, und ihr Ort ändert sich von $3{\cdot}6^{mm}$ in $3{\cdot}713^{mm}$ hinter der Hornhaut. Dem entspricht die angenommene Entfernung von 19^{mm} vor der Netzhaut.

Will man die Rechnungen für Pariser Maass durchführen, so kann man statt $5{\cdot}15$ und 20^{mm}, $2{\cdot}2$, $6{\cdot}6$ und $8{\cdot}8$ P. L. annehmen; Werthe, die man leicht behalten und in Rechnung ziehen kann.

Wir können uns endlich mit Hülfe des reducirten Auges eine sehr gute Vorstellung von der Accommodation bilden. Setzen wir zunächst voraus, dass sie durch eine imaginäre, von Luft umgebene Hülfslinse zu Stande komme, so hat dieselbe nur die divergirenden Strahlen parallel zu machen; die Brennweite der Hülfslinse muss also gleich ihrer Entfernung von dem Punkte sein, für welchen das Auge accommodirt ist. So verstanden ist die imaginäre Hülfslinse einem Brillenglase gleich, das für die Entfernung corrigirt. Dabei verändert sich jedoch die Lage der Cardinalpunkte in anderer Weise, als es bei der Accommodation thatsächlich stattfindet. Wollen wir die wirklich veränderte Lage kennen, so müssen wir auch das accommodirte Auge in sich reduciren. Wir können z. B. annehmen:

$$r = 4{\cdot}5^{mm}$$
$$F_{,} = 13{\cdot}5$$
$$F_{,,} = 18.$$

Dann liegt $\varphi_{,,}$ 2^{mm} vor der Netzhaut, die Sehachse hat in der That ihre Länge von 20^{mm} beibehalten, und diess muss sein, weil der Hauptpunkt seine Lage kaum geändert hat (vergl. p. 58). Andererseits hat sich k dem h genähert, wie es thatsächlich bei der Accommodation eintritt. Wir finden die Entfernung des Gegenstandes, für welchen das Auge accommodirt ist, $(13{\cdot}5 \times 18 = 243$ und $243 : 2 = 121{\cdot}5)$ $121{\cdot}5^{mm}$ von $\varphi_{,}$ und folglich $139{,}5^{mm}$ von k d. i. etwa $5''$, so dass das hier angenommene reducirte Auge ein emmetropisches Auge mit einer Accommodationsbreite $\frac{1}{A} = \frac{1}{5}$ repräsentirt.

Die Berechnung der Veränderung von k bei dem Gebrauch von Brillen ist sehr complicirt. Die Methode ergibt sich aus XV p. 46 und XXII p. 56. In dem Paragraphen über Aphakie werden wir gezwungen sein, von ihr Gebrauch zu machen, und sie mit einigen Beispielen zu erläutern.

---

§ 15. Bewegungscentrum und Bewegungen. Winkel zwischen der Hornhaut und der Gesichtslinie.

Es hiesse den Plan des gegenwärtigen Werkes überschreiten, wollte ich mich hier auf die ganze Lehre von den Augenbewegungen einlassen. Der Gegenstand ist, besonders in Verbindung mit dem binoculären und stereoskopischen Sehen, so umfassend, dass schon diess hinreichend wäre,

mich davon abzuhalten.[1]) Ausserdem erlaubt er wenig Anwendung auf die Lehre von der Ametropie, und wir haben es hier nur in so weit, als sie bei Ametropie Veränderungen erleiden, mit den Functionen des emmetropischen Auges zu thun. Was den Mechanismus der Bewegungen betrifft, so ist eine Veränderung desselben in Bezug auf zwei Punkte als für unseren Gegenstand von Wichtigkeit zu erwähnen: *a.* mit Rücksicht auf die Lage des Bewegungscentrums, *b.* mit Rücksicht auf die Excursion der Drehung um die verticale Achse.

Rücksichtlich der Lage des Bewegungscentrums liegen zahlreiche Untersuchungen vor, unter andern von Volkmann, Mile, Burow und Valentin. Diese Untersuchungen lieferten ziemlich abweichende Resultate. Da aber der Augapfel nicht viel von einer Kugel abweicht und zum grössten Theil in einer Kugelschale liegt, so folgerte man trotz dem, dass das Bewegungscentrum ungefähr in der Mitte der Sehachse liege. Der Mangel an Uebereinstimmung in den erhaltenen Resultaten ist zum Theil den bei der Untersuchung angewendeten Methoden zuzuschreiben, zum Theil aber auch der Verschiedenheit der Augen. Seitdem nachgewiesen war, dass Ametropie hauptsächlich von einer Verschiedenheit in der Länge der Sehachse abhängt, musste man schon a priori voraussetzen, dass die Entfernung, in welcher das Bewegungscentrum hinter der Hornhaut liegt, bei Ametropie eine Veränderung erleide, und ich hielt es desshalb für nöthig, die Sache zu untersuchen. Ich that diess im Verein mit meinem Freunde Dr. Doyer nach einer am Ende dieses Abschnittes mitgetheilten Methode.

Die bei Emmetropen erhaltenen Resultate sind in der beigefügten Tabelle zusammengestellt. Untersucht wurden nur Männer; *D* bezeichnet das rechte, *S* das linke Auge.

Nummer der Personen	Alter	Auge	Lage des Bewegungscentrums hinter dem Hornhautscheitel	Winkel zwischen der Hornhautachse und Sehlinie
1	23	D.	13·9	6°
„	„	S.	13.84	6°
2	23	S.	13·72	5°
3	30	D.	13·03	4°
„	„	S.	13·58	6°
4	31	S.	13·49	3°5
5	34	D.	13·27	6°
„	„	S.	14·04	6°
6	35	S.	13·55	4°5
7	35	S.	13·58	6°
8	40	S.	13·17	7°
9	43	D.	13·99	4°66
10	43	D.	13·32	3°5
„	„	S.	13·19	3°5
11	50	D.	13·38	4°4

[1]) Vergl. Ruete, Lehrb. der Ophthalmologie. Bd. 1. p. 8, 1845.— Donders, Zur Lehre von den Bewegungen des menschlichen Auges in Holländ. Beitr. zu den anat. und physiolog. Wissensch. 1848. Bd. 1 von Deen, Donders und Moleschott.— Von Graefe, Arch. f. Ophth. Bd. I. — Meissner, Die Bewegungen des Auges Arch. f. Ophth. Bd. III. — Fick, Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer. Neue Folge Bd. IV und V. — Wundt, Arch. f. Ophth. B. VIII. 1862. — Hering, Beitr. zur Physiologie, Heft 1 — V.— Helmholtz Arch. f. O IX. 2. p. 153. Ueber die normalen Bewegungen des menschl. Auges. — A. f. O. X. 1. p. 1. Ueber den Horopter.

Die Länge der Sehachse bei Emmetropen ist, wie im schematischen Auge, zu 22·231^{mm} angenommen. Bei der gewählten Methode findet man nun die Entfernung des Bewegungscentrums von der Basis der Hornhaut; da diese Basis 2·6^{mm} von dem Scheitel der Hornhaut entfernt ist, so muss man 2·6^{mm} zu der gefundenen Zahl hinzu addiren, um die Lage des Bewegungscentrums hinter dem Scheitel der Hornhaut zu finden.

Dieselben Bestimmungen wurden bei Ametropie gemacht; wir werden das Detail in den Kapiteln über Hypermetropie und Myopie mittheilen, wo die Wichtigkeit dieser Resultate in Bezug auf die Entstehung des Strabismus divergens und convergens klar werden wird. Hier gebe ich in der beigefügten Tabelle nur die Mittel der bei Emmetropen, Hypermetropen und Myopen gefundenen Resultate.

	Lage des Bewegungscentrums					
	a Länge der Sehachse	*b* Hinter der Hornhaut	*c* Vor der hintern Fläche der Sclerotica	*d* Verhältniss nach Perzent	*e* Hinter der Mitte der Sehachse	*f* Winkel zwischen Hornhautachse und Sehlinie.
	mm	mm	mm		mm	
1. E.	23·53	13·45	9·99	= 57·38 : 42·62	1·77	5°·082
2. M.	25·55	14·52	11·03	= 56·83 : 43·17	1·75	2°
3. H.	22·10	13·22	8·88	= 59·8 : 40·2	2·17	7°·55

Aus dieser Tabelle geht hervor:

1. Dass im emmetropischen Auge das Bewegungscentrum in beträchtlicher Entfernung (1·77^{mm}) hinter der Mitte der Sehachse liegt.

2. Dass bei Myopen das Bewegungscentrum tiefer im Auge, zugleich aber auch weiter von der hinteren Wand gelegen ist, so dass in der That in den Augen solcher Individuen das Verhältniss zwischen dem Theile der Sehachse, welcher vor dem Bewegungscentrum liegt, und dem hinter ihm gelegenen Theile nahezu dasselbe ist, wie im emmetropischen Auge.

3. Dass in hypermetropischen Augen das Bewegungscentrum nicht so tief, aber trotzdem der hinteren Wand des Auges bedeutend näher liegt.

In beiden Tabellen enthält die mit *f* bezeichnete Spalte den Winkel zwischen der Hornhautachse und der Gesichtslinie. Von den nebenstehenden Figuren stellt Fig. 93 ein emmetropisches, Fig. 94 ein myopisches und Fig. 95 ein hypermetropisches Auge dar. Sie sollen die Bedeutung dieses Winkels und zu gleicher Zeit die Lage des Bewegungscentrums *d* anschaulich machen. Bei allen geht der horizontal gehaltene Schnitt durch den Sehnerven *n*; *I* ist desshalb der innere, *E* der äussere Theil des Auges; die Achse der Hornhaut *g a* schneidet dieselbe in der Mitte, und dieser entspricht in der That der Scheitel des Hornhautellipsoids. Nun ist aber diese Achse durchaus nicht auf den fixirten Gegenstand gerichtet, welcher vielmehr sein Bild in der Fovea centralis auf der Macula lutea *l* abbildet. Eine gerade Linie, welche man von dem Netzhautbilde der Fovea centralis nach ihrem Gegenstande zieht, ist die Gesichtslinie oder Sehlinie *l l'*, und von dieser wollen wir annehmen, dass sie die Hornhautachse in dem vereinigten Knotenpunkte *k* schneide. Der Winkel *l' k a* ist also der Winkel zwischen der Hornhautachse und der Gesichtslinie

Fig. 93.

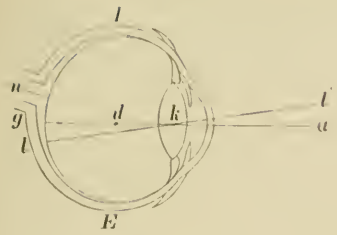


Fig. 94.

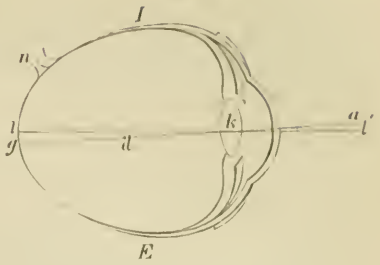
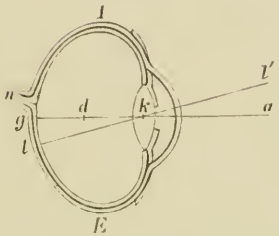


Fig. 95.



im horizontalen Meridiane. Im verticalen Meridiane ist er gewöhnlich viel kleiner, hat jedoch keine besondere Bedeutung für unseren Gegenstand. Im emmetropischen Auge schneidet die Gesichtslinie die Hornhaut nach innen von der Achse. Diess war schon von Senff sichergestellt und wurde für eine kleine Zahl von Augen von Helmholtz und Knapp[1]) bestätigt. Ich fand es als Regel in mehr als 50 Augen. Ich hatte indess schon früher beobachtet[1]), dass bei Myopen der Winkel $l' k a$ kleiner, als bei Emmetropen ist, und dass in den höchsten Graden von Myopie die Hornhaut von der Gesichtslinie selbst an der Aussenseite ihrer Achse geschnitten werden kann. Diese Untersuchungen wurden im Vereine mit Dr. Doyer fortgesetzt, und ergaben, dass bei Hypermetropie der Winkel $l' k a$ im Gegensatz zu dem, was ich bei Myopie gefunden hatte, besonders gross sei.

Daraus folgt nun, dass bei emmetropischen Individuen beim Blick in die Ferne, wobei die Gesichtslinien parallel sind, die Hornhautachsen unter einem Winkel von ungefähr 10° divergiren, mehr noch bei Hypermetropen, aber weniger bei Myopen, bei denen sie selbst convergiren können. Betrachtet man nun die Stellung der Augen bei emmetropischen Individuen als normal, so ergibt sich für Hypermetropen ein scheinbarer Strabismus divergens, für Myopen ein scheinbarer Strabismus convergens, welcher, sobald man einmal darauf aufmerksam ist, leicht auffällt und viel zu der eigenthümlichen Physiognomie der kurzsichtigen und übersichtigen Personen beiträgt.

Was endlich die Beweglichkeit des Auges um eine verticale Achse anbelangt, welche von der Stellung, in welcher die Hornhautachse senkrecht

---

[1]) Knapp, die Krümmung der Hornhaut, Heidelberg, 1859

[2]) Verslagen en meded. der Koninkl. Akademie, 1860, D. XI. p. 159.

auf eine verticale, durch die Bewegungscentren beider Augen gelegte Ebene steht, zu rechnen ist, so kann das normale, emmetropische Auge in der Jugend sich um 42 bis 51° nach einwärts und um 44 bis 49° nach auswärts drehen. Bei Kurzsichtigen dagegen sind, wie ich nachweisen werde, die Bewegungen oft beschränkt.

Anmerkung zu § 15.

Will man den Mechanismus der Augenbewegungen erforschen, so ist die Kenntniss der Lage des Bewegungscentrums ein wichtiges Erforderniss. Es muss daher Wunder nehmen, dass bei der grossen Anzahl gelehrter Forschungen, welche sich in den letzten Jahren mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, die Bestimmung des Bewegungscentrums so wenig ins Auge gefasst ist. Gingen die Beobachter etwa von der Annahme aus, dass die Lage dieses Centrums durch die vorausgegangenen Untersuchungen mit hinlänglicher Genauigkeit festgestellt wäre, so befanden sie sich im Irrthum. Denn erstens liessen die angewandten Methoden, wie Ludwig u. a. bemerkt hat, viel zu wünschen übrig, und zweitens hatte man den Einfluss, den die Länge der Sehachse auf die Lage des Bewegungscentrums ausübt, ganz ausser Acht gelassen. Denn wenn man durch Beobachtung gefunden hatte, dass das Bewegungscentrum 11·9 bis 14·1mm hinter dem Hornhautscheitel liege, so war es sicher höchst willkührlich, dadurch als bewiesen anzunehmen, dass das Bewegungscentrum in der Mitte der Sehachse liegen müsse.

Vor einigen Jahren glaubte ich eine einfache und genaue Methode, das Bewegungscentrum zu bestimmen, darin gefunden zu haben, dass ich die Ortsveränderung eines Reflexbildes an der Hornhaut maass.

Zuerst bestimmte ich mit Hülfe des Ophthalmometers (vergl. p. 16) den Krümmungsradius in der Mitte der Hornhaut. Sodann suchte ich aus der eben erwähnten Ortsveränderung eines Reflexbildes, wie weit hinter dem Krümmungsmittelpunkte das Bewegungscentrum gelegen sei.

Der Gedankengang war folgender: Wenn das Bewegungscentrum des Auges mit dem Krümmungsmittelpunkte einer sphärischen Hornhaut zusammenfallen würde, so müsste ein in der Achse dieser Hornhaut reflectirtes Bild bei einer Bewegung des Auges seinen Ort in keiner Weise verändern. Wenn im Gegentheil das Bewegungscentrum, wie zu erwarten war, hinter dem Krümmungsmittelpunkte liegen sollte, dann müsste bei einer Wendung des Auges das reflectirte Bild in derselben Richtung seinen Ort verändern, in welcher das Auge bewegt würde, und diese Ortsveränderung ist, wie eine einfache Construction zeigt, gleich dem Sinus des Bewegungswinkels, beschrieben aus dem Bewegungscentrum des Auges mit einem Radius, gleich der Entfernung zwischen Bewegungscentrum und Krümmungsmittelpunkt.

Aus diesem Räsonnement folgte, dass man nur diese Ortsveränderung bei einem bekannten Winkel zu messen brauchte, um aus dem so erhaltenen Sinus den Radius zu finden und aus diesem die Entfernung zwischen dem Krümmungsmittelpunkte und dem Bewegungscentrum.

Den Winkel bestimmte ich, indem ich nach einander auf zwei in der Horizontalebene aufgestellte Visirzeichen blicken liess.

Es war überdiess leicht die Ortsveränderung des Reflexbildes zu messen. Unmittelbar vor der Oeffnung, durch welche das Auge bei fixirtem Kopfe blickte, wurde ein Haar senkrecht ausgespannt. Fiel das Reflexbild beim Fixiren des ersten Zeichens mit dem Haar zusammen, so sah man es, wenn das Auge auf das zweite Zeichen gerichtet wurde, von dem Haare abweichen, und diese Abweichung wurde gemessen, indem man mit dem Ophthalmometer die Doppelbilder so weit auseinander treten liess, dass das zweite Bild des Haares mit dem ersten Reflexbilde zusammen fiel. Indem man wiederholt abwechselnd, bald nach dem einen, bald

nach dem andern der beiden Zeichen sehen liess, so konnte die erforderte Entfernung der Doppelbilder noch genauer und in der That fast absolut genau bestimmt werden, während gleichzeitig die leichten Bewegungen des Kopfes eliminirt wurden. Die Messung war genau, wenn bei rasch abwechselnder Fixation der beiden Zeichen das eine Bild der Flamme abwechselnd vollkommen mit den beiden Haaren zusammen fiel oder von ihnen um eine gleiche Grösse abwich.

Wenn nun die Genauigkeit dieser Bestimmung auch nichts zu wünschen übrig liess, so zeigte sich doch eine andere Schwierigkeit. Die *Cornea* ist keine Kugelfläche. Ihre Krümmung nähert sich vielmehr einem Ellipsoid, und die Excentricität der durch einen horizontalen Schnitt erhaltenen Ellipse schien gross genug, einen Einfluss auf die Lage des Reflexbildes auszuüben. Professor van Rees hatte die Güte, diesen Einfluss zu berechnen, und es schien, dass in Folge der wirklich constatirten Excentricität der elliptischen Meridiane der *Cornea* eine Abweichung eintritt, welche in der Rechnung für die Lage des Bewegungscentrums einen Unterschied von 2 und selbst von 3·6^{mm} hervorrufen kann. Hierdurch wurde die Anwendbarkeit dieser Methode sehr beschränkt. In der That musste die Ellipse des horizontalen Meridians jedes Mal bestimmt werden, und diese Bestimmung erfordert so viel Zeit, dass es schwierig ist, sie für eine grosse Anzahl von Augen auszuführen. Dennoch habe ich diese Methode hier mitgetheilt, weil sie in den Fällen, in denen die Ellipse bestimmt ist, zur Controle anderer Methoden ihre Dienste leistet.

Eine ähnliche Methode hat, wie ich später erfuhr, schon früher Professor Junge in Petersburg, vorgeschlagen. Seine in Helmholtz' Laboratorium gewonnenen Resultate waren von ihm in russischer Sprache veröffentlicht worden. Ich lernte diese aus dem Manuscript der deutschen Uebersetzung seiner werthvollen Arbeit kennen. Junge's Methode beruht, wie die oben beschriebene, auf der Ortsveränderung eines Reflexbildes der *Cornea* bei Bewegung des Auges. Diese Ortsveränderung bestimmte er, indem er das Reflexbild derselben Flamme, sowohl bei parallelen Gesichtslinien, als auch bei einer gewissen Convergenz derselben auf beide Hornhäute fallen liess, und indem er den wechselseitigen Abstand der Reflexbilder in den beiden eben erwähnten Augenstellungen maass. Um das Ophthalmometer für diese Messungen benützen zu können, müssen die Bilder durch Reflexion nahe an einander gebracht werden, wozu sich Junge eines Sextanten bediente. Er führte diese Bestimmung an 5 Augen mit grosser Genauigkeit aus, aber die erhaltenen Zahlen haben nicht den entsprechenden Werth, weil er es versäumt hat, die Excentricität des elliptischen Schnittes zu bestimmen, und desshalb die erforderliche Correction nicht anbringen konnte.

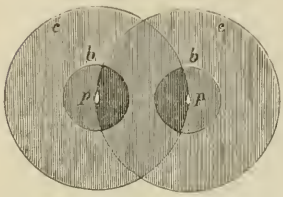
Später gelang es mir, eine Methode zu entdecken, bei welcher es nicht nöthig ist, auf die Form des elliptischen Hornhautschnittes Rücksicht zu nehmen. Im Verein mit Dr. Doyer habe ich diese Methode auf eine grosse Anzahl Augen angewendet. Wir begnügten uns nicht, die Lage des Bewegungscentrums im emmetropischen Auge zu kennen, wir wollten auch untersuchen, welche Unterschiede myopische und hypermetropische Augen in dieser Beziehung darbieten.

Die Methode besteht in Folgendem: Man bestimmt, wie gross die Bewegungswinkel (mit gleichen Excursionen nach beiden Seiten) sein müssen, um die beiden Endpunkte des gemessenen, horizontalen Durchmessers der Hornhaut, einen nach dem andern, mit demselben Punkt im Raume zusammenfallen zu lassen.

Der horizontale Durchmesser der Hornhaut wurde mit Hülfe des Ophthalmometers gemessen. Zu dem Zwecke wurde die Flamme einer Lampe unmittelbar senkrecht über dem Ophthalmometer aufgestellt. Das von der Hornhaut reflectirte Bild dieser Flamme wurde durch das Ophthalmometer betrachtet. Eine zweite Lampe wurde nahe an der Hornhaut aufgestellt und nach der Seite des Ophthalmometers hin mit einem Schirme verdeckt; sie sollte nur dazu dienen, die zu untersuchende Hornhaut hell zu beleuchten. Dem zu untersuchenden Auge gegenüber wurde ein horizontaler Gradbogen angebracht, der mit einem willkührlichen Radius aus dem Bewegungscentrum des Auges beschrieben war. In der Mitte dieses Bogens, in der Richtung, in welcher das Auge das Kreuz im Ophthalmometer sah, befand sich der Nullpunkt der Scala, nach rechts und links davon waren die Grade angegeben. Dadurch, dass man dem zu untersuchenden Auge eine bestimmte Richtung

gab, indem man es auf ein Visirzeichen sehen liess (wir nennen es das primäre Zeichen), welches längs einer Scala beweglich war, fiel es nicht schwer, das Reflexbild der oberhalb des Ophthalmometers aufgestellten Flamme genau auf die Mitte der Hornhaut fallen zu lassen. Wenn diess Reflexbild wirklich in der Mitte steht, so müssen die durch das Ophthalmometer verdoppelten Reflexbilder auf beiden Seiten gleichzeitig die Ränder der sich jetzt halb deckenden Hornhautbilder berühren (vergl. Fig. 96; *C* ist die *Cornea*, *p* die Pupille, *b* das Reflexbild).

Fig. 96.



Das Resultat dieser ersten Messung ist leicht zu verstehen. Die am Ophthalmometer abgelesene Anzahl Grade, welche nöthig war, damit die Reflexbilder die Ränder der einander zur Hälfte deckenden Hornhäute berühren, entspricht der halben Breite der Hornhaut oder vielmehr der halben hinter der Hornhaut ausgespannten Sehne.

Eine zweite durch Drehung der Glasplatte in entgegengesetzter Richtung ausgeführte Messung diente dazu, die erste zu controliren und gleichzeitig den Collimationsfehler[1]) zu eliminiren. In dieser Weise erhielten wir, indem wir oben und unten am Ophthalmometer ablasen, vier Messungen, aus denen das Mittel gezogen wurde.

Eine ausdrücklich zu diesem Zwecke berechnete Tabelle gab dann für die gefundene Anzahl Grade die zugehörige Grösse unmittelbar an, und damit war selbstverständlich die halbe Breite der Hornhaut bekannt.

Gleichzeitig zeigte die Stellung des primären Visirzeichens auf der Scala den Winkel zwischen der Gesichtslinie und der Hornhautachse an, unter der Voraussetzung, dass die letztere durch die Hornhautmitte hindurch geht.

Um den Bogen zu bestimmen, den die Hornhaut beschreiben muss, um die Länge ihres eigenen transversalen Durchmessers im Raume zu durchlaufen, wurde ein Ring vor dem zu untersuchenden Auge aufgehängt, in welchem ein feines Haar senkrecht ausgespannt war. Es blieb dann nur noch übrig zu untersuchen, um wie viel Grade sich das Auge (von der Stellung, in welcher die Hornhautachse auf das Fadenkreuz des Ophthalmometers gerichtet war, ausgehend) nach beiden Seiten wenden musste, um bei unbeweglich festgehaltenem Kopfe erst den einen und dann den andern Rand der Hornhaut mit dem Haare zusammenfallen zu lassen. Die erhaltene Anzahl Grade entsprach dem Winkel, welchen das Auge aus dem Bewegungscentrum beschrieben hatte. Es stellte sich bald heraus, dass dieser Winkel in emmetropischen Augen ungefähr 56^0 betrug. Wir begannen desshalb jedes Mal mit einem um 28^0 nach links gestellten Zeichen und stellten dann ebensoviel Grade nach rechts vom primären Zeichen ein zweites auf. Der Kopf wurde so fixirt, dass, wenn das eine Visirzeichen angesehen wurde, der eine Rand der Hornhaut mit dem Haar zusammenfiel; und man untersuchte dann, ob beim Fixiren des zweiten Zeichens der entgegengesetzte Rand der Hornhaut sich mit dem Haare deckte. Nur selten war diess genau der Fall, aber man erfuhr doch, ob ein kleinerer oder grösserer Bogen zu beschreiben wäre, und demgemäss wurden dann die beiden Zeichen um gleichviel von einander entfernt oder einander genähert. Diess wurde so lange wiederholt, bis zuletzt eine genaue Deckung beider Hornhauträndер mit dem Haare erreicht war.

Liessen wir schliesslich das Auge einige Male schnell hinter einander erst das eine und dann das andere Visirzeichen fixiren, so liess sich der Einfluss jeder Bewegung des Kopfes mit Sicherheit ausschliessen.

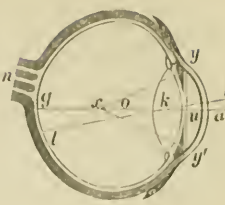
Die Kenntniss der halben Hornhautbreite und des Winkels der Bewegung, durch welche jene Strecke im Raume durchmessen war, genügte, um die Lage des Bewegungscentrums zu bestimmen. Fig. 97 erläutert diess. Sie stellt einen horizontalen Durchschnitt durch das Auge dar; *o* ist das Centrum der Hornhautachse *g a*, *l* ist der gelbe Fleck, *l l'* ist die Gesichtslinie, welche im hintern Abschnitte der Linse (d. i. im vereinigten Knotenpunkte) die Hornhautachse schneidet. Ziehen

---

[1]) Der Fehler, welcher entsteht, wenn der Nullpunkt der Scala nicht richtig eingestellt ist.

wir nun vom Bewegungscentrum x aus die Linien xy und xy' nach den Rändern der Hornhaut und überdiess die Linie yy' als ihre Sehne, so erhalten wir ein gleichschenkeliges Dreieck, dessen Winkel yxy' bekannt ist. Die Senkrechte xu theilt dieses Dreieck in zwei congruente, rechtwinklige Dreiecke, von denen die spitzen Winkel und überdiess die am rechten Winkel anliegenden Seiten yu und $y'u$, die halbe Sehne der Hornhaut, durch Messung bekannt sind. Der andere Schenkel der rechten Winkel, xu, ist augenscheinlich die Entfernung des Bewegungscentrums von der Basis der Hornhaut. Diese Grösse wird durch Multiplication der Seite yu mit der Cotangente des gegenüberliegenden Winkels yxu gefunden. Addirt man dazu die Höhe ($ua = 2{\cdot}6^{mm}$) des Hornhautsegmentes, so erhalten wir die Entfernung ax, d. h. die Lage des Bewegungscentrums hinter der vordern Hornhautfläche.

Fig. 97.



In manchen Fällen, besonders bei Myopen, war die Beweglichkeit des Auges zu beschränkt, um die *Cornea* den erforderlichen Raum durchlaufen zu lassen. In solchen Fällen benutzten wir einen Ring mit zwei parallel ausgespannten Fäden, deren Entfernung genau bestimmt war. Sie betrug in der Regel $3{\cdot}02^{mm}$. Die Visirzeichen wurden nun so aufgestellt, dass abwechselnd der eine Faden mit dem innern, der andere mit dem äussern Rande der Hornhaut zur Deckung kam. Um nun den bei der Bewegung durchlaufenen Raum kennen zu lernen, war es nur nöthig die Entfernung der Fäden von der vorherbestimmten Breite der Hornhaut abzuziehen; und der also gefundene Werth wurde dann der Rechnung zu Grunde gelegt.

Die Resultate haben wir in drei Tabellen zusammengestellt. Die erste enthält die emmetropischen Augen, die zweite die myopischen, die dritte die hypermetropischen Augen. Diese Anordnung wurde getroffen, um den Einfluss der Länge der Sehachse ersichtlich zu machen. Oben (p. 153) wurde die Tabelle für das emmetropische Auge und überdiess (p. 154) eine zweite mit den bei Emmetropie, Myopie und Hypermetropie erhaltenen Mittelwerthen mitgetheilt.

Wir verhehlen uns nicht, dass trotz dieser Untersuchungen noch viel zur genauen Bestimmung des Bewegungscentrums des Auges zu thun übrig bleibt. Zunächst ist gar nicht untersucht worden, mit wie viel Recht das Bewegungscentrum für allseitige Bewegungen als ein fester, unveränderlicher Punkt zu betrachten ist. Wir können desshalb nur für die Genauigkeit der directen Bestimmung des Abstandes zwischen der Basis des Hornhautschnittes und dem Bewegungscentrum bei ziemlich ausgiebigen Bewegungen in der Horizontalebene einstehen.

§ 16. Einfluss des Alters auf die Sehschärfe.

Mit zunehmenden Jahren erleidet das Auge eine Reihe von Veränderungen verschiedener Art. Einige von ihnen lassen sich schon bei rein äusserlicher Betrachtung erkennen, wie der verminderte Glanz der Cornea und der Conjunctiva, die engere Pupille, die Farbenveränderung und geringere Durchsichtigkeit der Sclerotica und Iris, die geringere Tiefe der vorderen Augenkammer, der Arcus senilis u. s. w. Andere findet man erst bei geeigneter anatomischer Untersuchung. Zu diesen gehören unter andern die warzigen Verdickungen der structurlosen Membran der Chorioidea mit secundären Veränderungen der Netzhaut, kalkige Ablagerungen in dem hintern Abschnitte der Sclerotica, die eigenthümlichen Metamorphosen in ihrem vordern Abschnitte, Veränderungen der Chorioidea, Atrophie des Ciliarmuskels, die grössere Härte und gelbere Färbung der Linse, mit Trübung einzelner Schichten derselben, und verringerte Durchsichtigkeit des Glaskörpers. Noch bevor die anatomische Untersuchung eine Spur von Trübung entdecken lässt, zeigt die vergleichende Untersuchung gesunder Augen in verschiedenen Lebensperioden,

dass mit zunehmenden Jahren die vollkommene Reinheit und Durchsichtigkeit der brechenden Medien, vermöge welcher man den Augengrund eines Kindes in so unvergleichlicher Klarheit erblickt verloren geht.

Mit diesen anatomischen Veränderungen sind Functionsstörungen verbunden, von denen die hauptsächlichsten Verminderung der Sehschärfe und Abnahme der Accommodationsbreite sind. Beide müssen näher betrachtet werden; die Sehschärfe, weil sie nicht nur das Maass zur Beurtheilung vieler krankhafter Veränderungen abgibt, sondern auch bei den Refractionsanomalien meistens in der That vermindert ist; die Abnahme der Accommodatiosbreite, weil sie, ohne eine Krankheit zu sein, die Hülfe des Augenarztes in Anspruch nimmt.

Ich werde zuerst von der Sehschärfe handeln; die Abnahme der Accommodationsbreite wird Gegenstand des nächsten Paragraphen sein.

Wir haben schon gesehen (p. 84), dass die Bestimmung des Refractionszustandes mit der Bestimmung der Sehschärfe Hand in Hand gehen muss, und haben daselbst auch die Schriftproben des Dr. Snellen kennen gelernt, deren Nutzen mir immer klarer geworden ist. Es ist dort auch an Beispielen die Methode auseinander gesetzt worden, nach welcher sich mit ihrer Hülfe die Sehschärfe bestimmen lässt. Die Formel ist sehr einfach. Die Buchstaben tragen die Ziffer der Entfernung D, aus welcher sie sich dem Auge unter einem Winkel von 5 Minuten darbieten und bei normaler Sehschärfe erkannt werden. Bestimmt man nun die Entfernung d, in welcher sie im gegebenen Falle erkannt werden, so ist der Ausdruck für die Sehschärfe

$$S = \frac{d}{D}.$$

Wir haben diesem Buche eine Snellen'sche Tafel mit den Buchstaben XX bis CC beigegeben. Erlaubt der Raum nicht die Untersuchung in 20 Fuss anzustellen, so müssen noch niedrigere Nummern hinzugefügt werden.[1]) Um im Stande zu sein, auch eine ungewöhnlich grosse Sehschärfe zu bestimmen, ist es wünschenswerth, dass die Nummern der Tafel etwas tiefer herabgehen, als die Anzahl Fusse, in welcher die Beobachtungen nach der Grösse des Zimmers gemacht werden können.

$S = 1$ nahm Snellen als hinlänglich genaue Sehschärfe an. Diess galt für junge Leute. Es war vorauszusehen, und in der That schon durch die Erfahrung bekannt, dass, selbst unter normalen Verhältnissen, die Sehschärfe in einem gewissen Alter abzunehmen anfängt. Um sie als Maassstab in Krankheiten verwenden zu können, war es desshalb nöthig, dass die jedem einzelnen Lebensalter zukommende Sehschärfe bekannt wäre. Diess war der Gegenstand einer vor kurzem von einem meiner Schüler, Dr. Vroesom de Haan[2]), angestellten Untersuchung. S ward bei 281 Personen von 7 bis 82 Jahren mit Hülfe von XX Snellen bestimmt.— Man stellte die Leute Anfangs

[1]) Die Schriftproben sind jetzt mit deutschem Text zu haben bei W. Peters in Berlin; englisch bei Williams and Norgate in London; französisch bei Germer-Baillière in Paris; italienisch in Turin, und alle zusammen mit der holländischen Ausgabe bei G. Greven, Buchhändler in Utrecht. — Sie wurden zum Besten des in Utrecht gegründeten Niederländischen Spitals für Augenkranke herausgegeben, und desshalb zum Monopol erhoben.

[2]) Onderzoekingen naar den invloed van der leeftijd op de gezigtsscherpte. Diss inaug. Utrecht. 1862.

in einer zu grossen Entfernung auf und liess sie dann, unter steten Versuchen zu lesen, sich nähern, bis sie die Buchstaben *V*, *A*, *C* und *L* richtig angaben. Diese Buchstaben waren am leichtesten zu erkennen, und de Haan konnte sich auf sie beschränken, weil er gewöhnlich an jeder Person nur eine gute Probe zu machen brauchte, und desshalb keine grosse Abwechslung nöthig hatte. In der Folge bestimmte ich das Verhältniss zwischen der Erkennung aller von Snellen angenommenen Buchstaben und der vier von de Haan ausgewählten, fand es wie 5 zu 6 und reducirte danach das von de Haan gefundene *S*.

Fig. 98.

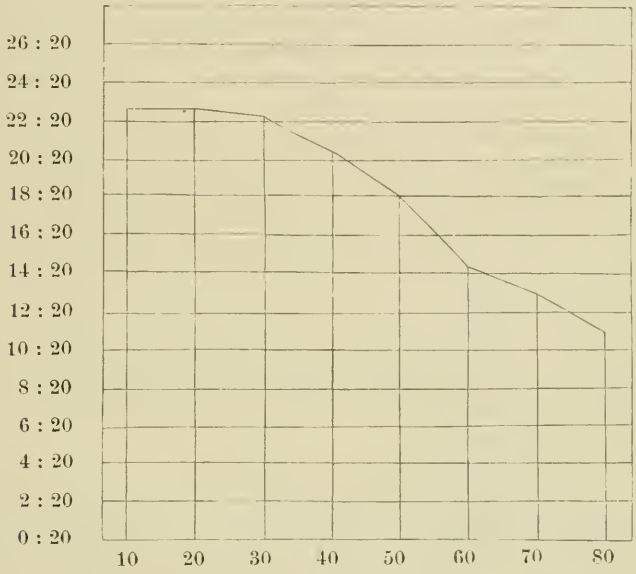


Fig. 98 veranschaulicht das so reducirte *S*. Die Länge der Ordinaten gibt die den darunter stehenden Lebenszeiten zugehörige Sehschärfe an; 20 ist das Mittel von 15 bis 25, 30 das von 25 bis 30 Jahren u. s. w. Der Werth von *S* steht an der Seite als *d* dividirt durch 20, wo *d* in Fussen die Entfernung angibt, aus welcher *XX* erkannt wird.

Astigmatismus grösser als $^1/_{40}$ und Ametropie wurden sorgfältig ausgeschlossen, die letztere so weit, dass *M* grösser als $^1/_{50}$ und manifeste *H* grösser als $^1/_{60}$ nicht einbezogen wurden. Im vorgerückten Lebensalter wurde $H = ^1/_{20}$ noch zugelassen, weil sie grösstentheils als erworbene *H* anzusehen ist. Immer wurde Ametropie durch ein nahe vor das Auge gehaltenes Glas neutralisirt. Alle Augen wurden sorgfältig mit blossem Auge, viele auch mit dem Augenspiegel untersucht. Wurde der geringste Fehler gefunden, so wurden sie ausgeschlossen.

Zunächst ergab sich, dass die individuelle Verschiedenheit sehr gross ist. Es kommen Fälle vor, wo nach der Reduction $S = 1{\cdot}6$ und $1{\cdot}7$ ist; in der Jugend ist *S* selten kleiner, als 0·8. Bei dieser grossen individuellen

Verschiedenheit darf man sich nicht wundern, dass ungeachtet einer sehr beträchtlichen Anzahl von Beobachtungen die Curve, welche die für jedes Lebensjahr gefundenen Mittel verbindet, viele Sprünge macht. Erst nach Berechnung der Mittel für 10jährige Perioden wird ihr Verlauf, wie Fig. 98 zeigt, regelmässiger. Ferner sehen wir, dass mit 30 Jahren S fast noch unverändert ist; von da ab indess nimmt es ziemlich regelmässig ab und beträgt im 80. Jahre nur mehr ungefähr die Hälfte.

Nicht ohne Einfluss ist bei der Bestimmung die Beleuchtung. Um diese einigermaassen beurtheilen zu können, bestimmte de Haan an jedem Beobachtungstage seine eigene Sehschärfe und fand, dass sie zwischen 19·5 : 20 und 22·5 : 20 schwankte. Da die Beobachtungen für die verschiedenen Lebensperioden ziemlich gleichmässig über die Beleuchtungsdifferenzen vertheilt waren, so wurde die Form der Curve durch eine Reduction auf gleichmässige Beleuchtung nicht wesentlich geändert. Im Allgemeinen war die Beleuchtung bei de Haans Untersuchungen etwas besser, als sie es gewöhnlich in den Ordinationszimmern der Augenärzte ist. Es scheint also, dass Snellen für praktische Zwecke ganz richtig $S = 1$ als das Normale gewählt hat, während S nach de Haans Beobachtungen für jugendliche Augen etwas grösser ist. Snellens Idee ist, dass, wenn in der Jugend $S = 1$ ist, wir keinen Grund haben, das Vorhandensein einer Anomalie anzunehmen. Ueberdiess ist die Methode überall da vollkommen genügend, wo wir es nur mit der Bestimmung der relativen Sehschärfe zu thun haben.

Die Abnahme der Sehschärfe mit zunehmendem Alter beruht auf zwei Gründen; sie hängt einerseits von den brechenden Medien, andererseits vom Sehnervenapparat ab. Das erste gibt Anlass zu weniger scharfen Bildern auf der empfindenden Netzhautschichte, das zweite macht die Empfindung selbst und die Leitung unvollkommner.

Was die durchsichtigen Medien anbetrifft, so lehrt im Allgemeinen schon die Untersuchung mit dem Augenspiegel, dass sie mit zunehmenden Jahren die grosse Durchsichtigkeit und Gleichmässigkeit verlieren, wegen welcher der Grund des jugendlichen Auges sich mit so überraschender Klarheit präsentirt. Die Hornhaut verändert sich am wenigsten, wenn wir vom Arcus senilis absehen, welcher wegen seiner excentrischen Lage nur wenig diffuses Licht ins Auge wirft, und zwar um so weniger, je enger mit zunehmenden Jahren die Pupille wird. Die Linse dagegen reflectirt allmälig immer mehr Licht, welches, an der vorderen Hornhautfläche von Neuem reflectirt, theilweise ins Auge zurückkehrt. Bei seitlicher Beleuchtung wird die Trennung ihrer Sectoren deutlicher, ihr unregelmässiger Astigmatismus nimmt zu, die Polyopia monocularis bei unvollkommener Accommodation wird trotz der verengerten Pupille stärker und unregelmässiger, die Farbe der Linse ist gelber, und die entoptische Untersuchung ergibt, dass in der ganzen Linse die Durchsichtigkeit weniger gleichmässig ist. Auch der Glaskörper verliert wenigstens im höheren Alter etwas von seiner vollkommenen Klarheit; er wird reicher an gefalteten Membranen, Körperchen und Fäden, wie mir sowohl mikroskopische, als entoptische Untersuchungen gelehrt haben. In Folge dessen vermehrt sich die Zahl der fliegenden Mücken. Schliesslich muss auch die verminderte Transparenz der Netzhautschichten angeführt werden. Das Aussehen des Sehnerven selbst beweist, dass Veränderungen seiner Fasern nicht fehlen. Für das directe Sehen hat

diess indessen nur wenig Bedeutung, da die Zapfen der Fovea centralis fast nackt liegen (vergl. p. 4). Die senilen Veränderungen des Sehnervenapparates selbst sind nur wenig untersucht, und es ist schwer ihren Einfluss zu beurtheilen. Am besten bekannt ist die Bildung glasartiger Erhebungen, Kugeln und Gruppen von Kugeln (warzige Granulation) an der vorderen Fläche der Chorioidea, in Verbindung mit der structurlosen Grenzmembran derselben. Die in Rede stehende Bildung wurde zuerst von Wedl[1]) beobachtet, später beschrieb ich sie genau[2]) und entdeckte und bildete das Eindringen der Kügelchen mit Pigment in die stellenweise atrophirte Netzhaut ab. H. Müller[3]) hält diese Bildungen für einfache Verdickungen der structurlosen Membrana limitans der Chorioidea. Die Function der Netzhaut muss natürlich darunter leiden. Sie kommen jedoch in der Gegend des gelben Fleckes nur in geringem Maasse vor; überhaupt kaum je vor dem 60. Jahre, nach welchem sie an einzelnen Orten bald constant werden. Zweifellos gibt es noch andere weniger bekannte Veränderungen in der Netzhaut, im Sehnerven und im Gehirne selbst, welche als Ursachen verminderter Sehschärfe im höheren Alter anzusehen sind.

Alles Vorhergehende bezieht sich auf das directe Sehen, d. i. das Sehen des fixirten Gegenstandes. Nach aussen von der Fovea centralis nimmt die Sehschärfe rasch ab; selbst der Flächenraum, welcher gleichzeitig vollkommen scharf gesehen wird, scheint so klein zu sein, dass sein Bild nicht die ganze Fovea centralis einnimmt. Die Abnahme der Sehschärfe in den vom gelben Flecke entfernten Theilen der Netzhaut ist von Aubert und Förster[4]) untersucht worden. Bis zu einem gewissen Winkel, $12{\cdot}5^0$ bis 20^0, fanden sie die Sehschärfe nahezu umgekehrt proportional dem Winkel; bei grösseren Winkeln verminderte sich S noch viel rascher. Ziemlich sonderbar und unerwartet ist das Resultat, dass kleinere Buchstaben und Ziffern im indirecten Sehen unter kleineren Winkeln erkannt werden, als grössere Buchstaben; mit andern Worten, dass S in den peripheren Theilen der Netzhaut grösser ist, wenn nahe Objecte betrachtet werden, als wenn auf Abstand gesehen wird.

Bei verschiedenen krankhaften Zuständen nimmt die Sehschärfe im directen und im indirecten Sehen durchaus nicht in demselben Verhältnisse ab. Nicht selten beschränkt sich die Sehstörung auf die Gegend des gelben Flecks, bei vollkommen normaler S in der Peripherie der Netzhaut; in andern Fällen hat allein das indirecte Sehen gelitten, und es kann selbst in der Peripherie eine Gesichtsfeldbeschränkung auftreten, ohne dass das directe Sehen dabei gelitten hat. Es ist desshalb von grosser Wichtigkeit, sich eine Vorstellung von der Genauigkeit des excentrischen Sehens zu verschaffen. Für praktische Zwecke hat der Beobachter die Möglichkeit der Vergleichung mit seinem normalen Auge. Indem beiderseits ein Auge geschlossen wird, blickt der Patient mit dem linken Auge auf das rechte Auge des Beobachters oder umgekehrt; und während man Acht gibt, dass das beobachtete Auge nicht abschweift, bietet nun der Beobachter etwa in der Ebene, welche in der Mitte zwischen beiden Augen auf den Gesichtslinien senkrecht steht, verschiedene Gegenstände, seine

[1]) Pathologische Histologie. Wien, 1853, p. 330.
[2]) A. f. O. I. 2, 1854, p. 107.
[3]) A. f. O., 1855. II, 2, p. 1.
[4]) A. f. O., III, 2, p. 1.

Finger, ausgeschnittene Zahlen u. s. w. dar und beurtheilt durch Vergleichung der Angaben des Patienten mit seinen eigenen Wahrnehmungen leicht den Grad der Sehstörung in der Peripherie der Netzhaut. Um genaue Resultate zu erhalten, sollte man der Methode von Aubert und Förster folgen (l. c.). — Die Gesichtsfeldbeschränkung wird durch Projection auf einen Bogen weissen oder schwarzen Papieres bestimmt, wie ich bei Gelegenheit der Myopie ausführlicher beschreiben werde.

Anmerkung zu § 16.

Im Vorhergehenden wurde die Methode angegeben, wie man die Sehschärfe für praktische Zwecke bestimmt. Die Formel $S = \frac{d}{D}$ gibt indessen weder das absolute Maass des Unterscheidungsvermögens der Netzhaut, noch unter einander vergleichbare, relative Werthe. Das absolute Maass werden wir sogleich kennen lernen, wenn wir auf die Bestimmung der Sehschärfe, als einer physiologischen Grösse, zu sprechen kommen. Dass die relativen Werthe nicht vergleichbar sind, hat schon Snellen (l. c.) bemerkt. Wenn ein Bild die doppelte Grösse hat, so hat es nicht zu gleicher Zeit die doppelte Deutlichkeit. Diess dürfte blos in dem Falle gefolgert werden, wenn die Sehschärfe über die ganze Netzhaut gleich gross wäre, d. h. wenn der grössere, zur Bestimmung einer verminderten S gebrauchte, Buchstabe gleichzeitig von einem normalen Auge in allen seinen Theilen gleich deutlich gesehen würde. Diess ist indess nicht der Fall. Wenn desshalb auch das Bild die doppelte Grösse haben muss, um erkannt zu werden, so können wir daraus nicht folgern, dass die Sehschärfe wirklich auf die Hälfte reducirt ist. Vielleicht würde die Annahme richtig sein, dass die Sehschärfe umgekehrt proportional der Anzahl der empfindenden Netzhautelemente ist, welche in linearer Dimension zur Erkennung des Bildes erforderlich ist. Einerseits aber greift diese Annahme der Frage vor, ob die Verminderung der Sehschärfe gegen die Peripherie hin in der That von der grösseren Entfernung der einzelnen empfindenden Netzhautelemente von einander abhängt, und andererseits liesse sich das Prinzip wegen der Schwierigkeit, die Anzahl der empfindenden Elemente zu bestimmen, nicht praktisch verwerthen. Aus diesen Gründen schien mir einzig und allein die gewählte Methode anwendbar zu sein. Ich habe dagegen um so weniger Bedenken, als der von dem ungleichen Werthe der Netzhauttheilchen, auf welchen das grössere Bild entworfen ist, hergeleitete Einwurf zum grossen Theil verschwindet, wenn wir überlegen, dass diess grössere Bild nicht mit unbeweglichem, auf einen Punkt gerichtetem Auge, sondern der Reihe nach in seinen verschiedenen Theilen von der Fovea centralis angesehen wird. Die verschiedenen, auf diese Weise von dem am schärfsten sehenden Theile der Netzhaut erhaltenen Eindrücke werden dann combinirt und daraus eine Vorstellung von der Form des Ganzen abgeleitet. Der physiologische Werth der Sehschärfe ist eine Winkelgrösse, und es ist desshalb einleuchtend, dass die Werthe von S angesehen werden müssen, als umgekehrt proportional zu den für die Unterscheidung erforderlichen Lineardimensionen der Bilder und desshalb zu dem Quadratinhalt ihrer Oberfläche.

Zu allen Zeiten sind von den Ophthalmologen vorzugsweise Buchstaben und Ziffern zur Untersuchung des Sehvermögens angewendet worden. Ein reguläres System fehlte jedoch lange Zeit. Stellwag von Carion[1]) schlug sehr brauchbare, nach einem guten Prinzip gewählte Probebuchstaben vor. Auch Smee[2]) gab in

[1]) Die Accommodationsfehler des Auges, in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akad. d. Wissenschaften. Mathem. naturw. Klasse, B. XVI, p. 187.

[2]) The Eye in Health and in Disease, p. 70. London. 1854.

seinem oft erwähnten Werke eine Reihe von Probebuchstaben. Ed. v. Jäger [1]) erkannte, dass der Ophthalmologe eine grössere Reihe von Proben nöthig habe, und seine wohlbekannten Leseproben wurden bald allgemein in Gebrauch genommen, obwohl sie nicht nach ganz richtigen Prinzipien ausgewählt sind. Das Bedürfniss nach einem System, welches erlaubte, die Sehschärfe durch Zahlen auszudrücken, wurde desshalb noch allgemein gefühlt, und Dr. Snellen hat das Verdienst, diesem Bedürfniss abgeholfen zu haben. Dasselbe that Giraud-Teulon, der, von denselben Erwägungen geleitet, ein ähnliches System aufstellte, welches er dem Ophthalmologencongress in Paris vorlegte.

In Gegensatz zu dieser Bestimmung von S zu praktischen Zwecken stellte ich oben die Bestimmung von S als einen physiologischen Werth. Anfangs wurde der kleinste Winkel, unter welchem die Anwesenheit eines Gegenstandes noch erkannt wurde, als solcher angenommen, doch ist, wie Buffon [2]) schon bemerkte, und wie es noch deutlicher aus den Bestimmungen von Harting [3]) hervorgeht, dieser kleinste Winkel abhängig von der Beleuchtung. Für leuchtende Punkte auf dunklem Grunde gibt es kaum eine Grenze. So klein ein solcher Punkt sein mag, so hat doch sein Bild wegen der Unvollkommenheit des dioptrischen Systems des Auges eine gewisse Ausdehnung, und es fragt sich jetzt nur, ob es auf einem oder mehreren empfindenden Netzhautelementen einen Unterschied ($^1/_{100}$ bis $^1/_{50}$) in der Beleuchtung hervorbringt, der hinreicht wahrgenommen zu werden. Kleine, schwarze Punkte auf hellem Grunde verschwinden dagegen sehr rasch durch Irradiation, besonders desshalb, weil der Beleuchtungsunterschied gewisser empfindender Elemente dadurch geringer, und wenn die Beleuchtung sehr stark ist, verhältnissmässig viel weniger wahrnehmbar wird. Der kleinste Winkel, unter welchem ein Gegenstand noch gesehen werden kann, ist desshalb vollständig von dem Grade der Beleuchtung abhängig, und die Frage selbst hat daher vom physiologischen Gesichtspunkte aus keinen rechten Sinn. Etwas ganz anderes ist es, den Einfluss der Beleuchtung auf den Deutlichkeitsgrad der Gegenstände zu bestimmen, womit schon Jurin [4]) und Tobias Mayer [5]) den Anfang gemacht haben. Auch hat die Vergleichung bei verschiedener Intensität der Beleuchtung vom praktischen Gesichtspunkte aus (mikroskopische Untersuchung) Wichtigkeit; in diesem Sinne hat besonders Harting (l. c.) gearbeitet.

Die physiologische Frage ist zuerst von Hooke [6]) genau präcisirt. Er untersuchte die Winkelgrösse, welche nöthig sei, um zwei Fixsterne getrennt zu sehen, und fand, dass unter 100 Personen kaum eine zwei Sterne unterscheiden kann, wenn der scheinbare Abstand geringer als 60 Secunden ist. Später wurden ähnliche Untersuchungen von Mayer [7]) angestellt, und in unsern Zeiten von Volkmann [8]), Harting [9]), Weber [10]), Bergmann [11]) und Helmholtz [12]), meistens mit parallelen Linien oder mit Gaze. Es ist klar, dass, um zwei kleine Lichtpunkte getrennt zu sehen, die Centren ihrer Bilder weiter (etwa anderthalb Mal) von einander getrennt liegen müssen, als die Breite eines empfindenden Netzhautelementes. Fallen die genannten Centren beiderseits genau auf die Grenzen desselben Elements, so wird das mittlere Element allein eben so viel Licht, wie die beiden zunächst gelegenen zusam-

---

[1]) Ueber Staar und Staaroperationen, etc. Wien, 1854. Die beigefügten Leseproben wurden nachträglich besonders veröffentlicht.

[2]) Histoire naturelle. III, p. 323. Paris 1749.

[3]) Het mikroskoop, deszelfs gebruik, geschiedenis en tegenwoordige toestand. D. I., p. 87. Utrecht, 1848.

[4]) Essay on Distinct and Indistinct Vision, 1738.

[5]) Comment. Goetting. IV. 1754.

[6]) Hooke, Posthumous Works, 1765.

[7]) Comment. Götting. IV. 1754.

[8]) Art. Sehen in Wagners Handwörterbuch der Physiologie, Braunschweig, 1846, III., pp. 331, 335.

[9]) l. c., pp. 97. et seq.

[10]) Verhandl. der Sächs. Gesellsch. 1852. p. 145.

[11]) Zeitschrift für rat. Medicin, 3. Serie. II. p. 88.

[12]) l. c., p. 217.

men erhalten, weil, um zwei Punkte getrennt zu sehen, ein weniger beleuchteter Punkt zwischen zwei mehr beleuchteten übrig bleiben muss. Gebraucht man Streifen und Drähte, so sind nicht blos die Zwischenräume, sondern auch die Dicke der Streifen und Drähte zu berücksichtigen, und bei der Berechnung hat desshalb Helmholtz (l. c. p. 218) den Winkel zu Grunde gelegt, welcher der Summe einer Linie und eines Zwischenraumes entspricht, d. i. der Entfernung der Centren zweier aneinander stossenden Objecte; die Netzhautelemente müssen dann wenigstens kleiner sein, als die diesem Winkel entsprechenden Netzhautbilder. Harting und Bergmann theilen einige Messungen mit, in welchen der so berechnete Winkel kleiner als 60 Secunden ist. Ziemlich constant beträgt er indessen zwischen 60 und 90 Secunden. Bei Anwendung ausserordentlich feiner Spinnwebfäden ergab sich der Winkel bei Harting's Versuchen viel grösser, 2 bis 3 Minuten, als wenn metallische Gaze mit dickeren Fäden benutzt wurde.

Dieser Ursache ist es ohne Zweifel zuzuschreiben, dass Volkmann, der bei seinen älteren Versuchen gleichfalls Spinnwebfäden anwendete, ungewöhnlich hohe Werthe bekam. Die Zapfen in der Fovea centralis haben nach Schultze[1]) im geschrumpften Zustande eine Dicke von 0·002 bis 0·0025, im frischen Zustande wahrscheinlich eine Dicke von 0·0028mm an der Basis; nach H. Müller[2]) 0·0025 bis 0·003. Ein Winkel von 60 Secunden gibt ein Netzhautbild von 0·00438. Diess entspricht der Dicke von anderthalb Stäbchen und bestätigt desshalb in Verbindung mit dem oben bemerkten vollkommen die Hypothese, von der wir ausgingen, nämlich dass jeder Zapfen der Fovea centralis für sich den empfangenen Eindruck projiciren kann. Die eigenthümlichen Wellenlinien, welche gerade Linien, ehe sie scharf erkennbar sind, darbieten[3]), erklären sich aus dieser Hypothese; auch folgt daraus, dass jeder Zapfen seine eigene Nervenfaser besitzt. Was Volkmann[4]) neuerdings gegen diese Hypothese vorgebracht, hat mich von der Unrichtigkeit derselben nicht überzeugt.

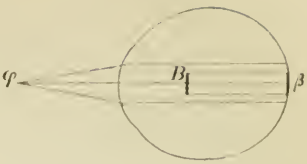
Für praktische Zwecke an Augenkranken lässt sich diese für physiologische Gegenstände bestimmte Methode nicht anwenden. In der Praxis ist es durchaus nöthig, dass die untersuchten Personen den Beweis liefern, dass sie wirklich erkennen, wie es geschieht, wenn bekannte Figuren, Buchstaben, Zahlen u. s. w. genannt werden. Ich versuchte anfangs die Frage in der Weise zu lösen, dass ich den Patienten die Richtung von Streifen auf einer hinter der Oeffnung eines Diaphragma gedrehten Scheibe angeben liess; die Entfernung, in welcher diess jedesmal mit Bestimmtheit angegeben wurde, sollte, wie ich dachte, ein sehr einfaches Maass der Sehschärfe abgeben. Es ergab sich indessen, dass die Neigung der Linien einen grossen und nicht zu eliminirenden Einfluss auf das Unterscheiden ihrer Richtung ausübte, eine Thatsache, die ohne Zweifel mit dem unregelmässigen Astigmatismus in Verbindung steht. Dieser Umstand machte die Methode unbrauchbar.

Die Ursache, dass *S* mit den Jahren abnimmt, haben wir zum Theil in der zunehmenden Unvollkommenheit des dioptrischen Systemes gesucht. Wir haben von der entoptischen Methode gesprochen, um die in ihm vorgehenden Veränderungen kennen zu lernen. Es ist um so wichtiger, hier von dieser Methode und ihren Resultaten zu sprechen, als wir bei Gelegenheit der krankhaften Veränderungen des Glaskörpers, die bei den höchsten Graden von Myopie vorkommen, wieder speziell darauf zurückkommen müssen. Das Anschauen von Gegenständen, die sich in unserm Auge befinden, nennen wir mit Listing entoptische Beobachtung. Beim gewöhnlichen Sehen können allein dunkle Körper, welche nahe vor der Netzhaut liegen, einen umschriebenen Schatten auf diese Membran werfen. Unter gewissen Umständen indess werden auch Unregelmässigkeiten, welche entfernter von der Netzhaut liegen, deutlich bemerkbar. Diess geschieht, wenn homocentrisches, und besonders wenn nahezu paralleles Licht durch den Glaskörper fällt. Solches Licht erhält man, wenn sich in φ (Fig. 99), etwa 13mm vor der Hornhaut, eine sehr kleine Lichtquelle befindet, ein dioptrisches oder ein katoptrisches Bild einer Flamme oder einfach eine sehr kleine (c. 0·1mm), einem Lichte zugewandte

---

[1]) Sitzungsberichte der niederrh. Gesellsch. in Bonn, 1861, p. 97.
[2]) Naturwiss. Zeitschrift, B. 11, p. 217. Würzburg, 1861.
[3]) Vergl. Helmholtz, l. c. p. 217, Fig. 102.
[4]) Physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik I., Leipzig, 1863.

Fig. 99.



Oeffnung. Durch die runde Pupille dringt Licht ein, das im Glaskörper ein cylindrisches und hinlänglich homocentrisches Lichtbündel bildet, und bewirkt, dass ein Gegenstand B einen Schatten β auf die Netzhaut wirft. Wenn wir also in einer Entfernung von circa 13mm eine dünne, mit einem kleinen Loche von 0·1mm versehene, schwarze Metallplatte vor das Auge halten, und durch diese Oeffnung nach dem klaren Himmel oder auf eine Lampenglocke sehen, oder wenn wir das dioptrische Bild einer Flamme in die Oeffnung fallen lassen, so erhält die Netzhaut einen Lichtkreis von der Form und ungefähr auch von der Grösse der Pupille ohne Umkehrung und eben desshalb umgekehrt projicirt, in welchem alle Unregelmässigkeiten der durchsichtigen Medien abgebildet sind. Man sieht darin insbesondere geformte Schatten, aber auch Beugungslinien und Erscheinungen, welche als die Wirkung der Brechung des Lichtes durch gewisse Körperchen nicht zu verkennen sind. Es lassen sich unterscheiden:

1. Das Thränen- und Schleim-Spectrum, abhängig von Thränen, Schleim, Fettkügelchen und Luftblasen, die sich auf der Hornhaut bewegen. An den Kanten der sich vor die Pupille schiebenden Augenlider, deren Cilien auch deutlich abgebildet werden, sehen wir von einer Schichte Thränenfeuchtigkeit abhängige Streifen.

2. Das Spectrum des Glaskörpers. — Für die näher an der Retina gelegenen Theile braucht das Licht weniger homocentrisch zu sein, und es ist desshalb vorzuziehen, um durch das Linsenbild (siehe 3) weniger gestört zu sein, eine etwas grössere Oeffnung zu nehmen. Auf einem ausserordentlich fein granulirten Grunde (der optische Effect der granulirten Netzhautschichten auf die Stäbchenschichte?) sieht ein jeder mit der grössten Schärfe die beweglichen fliegenden Mücken (muscae volitantes, mouches volantes). Wir unterscheiden:

a. Isolirte kleine Kreise, einige mit dunkeln, andere mit blassen Conturen und hell im Centrum, meistens von einem zarten Ringe umgeben, von $^1/_{50}$ bis $^1/_{120}$mm Durchmesser und $^1/_3$ bis 3 oder 4mm von der Netzhaut entfernt. Sie treten besonders bei raschen, plötzlich unterbrochenen Bewegungen des Auges von unten nach oben, und scheinbar von unten ins Gesichtsfeld und sinken dann wieder langsam nach unten. In der horizontalen Richtung haben sie eine geringere, in der senkrechten eine grössere Beweglichkeit (von $1^1/_2$mm und mehr) und ändern ihre Entfernung von der Netzhaut nur wenig.

b. Perlschnüre von 1 bis 4mm Länge und von $^1/_{33}$ bis $^1/_{190}$mm Breite, die feinsten ganz nahe, die breitesten und dunkelsten entfernter von der Netzhaut, alle zwischen $^1/_4$ und 3mm Entfernung von ihr. Im Zustande der Ruhe hat ein und dieselbe Perlschnur 17 Jahre lang immer in unveränderter Form nahe der Gesichtslinie meines rechten Auges bestanden. Die meisten von ihnen ziehen sich jedoch bei ruhig gehaltenem Auge nach aufwärts (scheinbar nach abwärts) zurück, um durch die oben beschriebenen Bewegungen, in mannigfaltiger Weise sich windend und verschlingend, wieder zu erscheinen.

c. Zusammenhängende Gruppen kleiner Kreise von verschiedener Grösse, einige blass, andere dunkler, undurchsichtiger, als die andern Formen. Diese werden bei gewöhnlichem Sehen in der Regel als fliegende Mücken betrachtet. Viele hängen mit kurzen Perlschnüren zusammen und bewegen sich mit diesen, andere haben das Aussehen von zusammengerollten Perlschnüren.

d. Falten, unter der Form von hellen kleinen Bändern, von zwei dunklern, aber nicht scharf markirten Linien begrenzt. Sie präsentiren sich entweder als gedrehte Fasern, oder als kleine parallele Bänder in unsichtbarer Weise unter einander verknüpft, oder als eine in unregelmässiger Weise aufgerollte Membran von constanter Form. Sie schweben und bewegen sich vorzugsweise in einer senkrechten 2 bis 4mm vor der Netzhaut gelegenen Ebene. Ausser dieser Form kommen ausgedehnte Membranen vor, von denen einige dicht hinter der Linse liegen und mit Falten bis zu $^1/_{23}$mm Breite versehen sind; andere bewegen sich nur zwischen 2 und 4mm von der Netzhaut und sind mit feineren Falten von $^1/_{60}$mm versehen, während in 4 bis 10mm Entfernung von der Netzhaut gar keine vorkommen. Sie treten ins Gesichtsfeld, wenn die Gesichtslinie zur Seite bewegt wird, besonders

aber bei heftigen, plötzlich unterbrochenen Bewegungen von oben nach unten. Es steigen dann die nahe hinter der Linse gelegenen Membranen scheinbar nach aufwärts, während im Gegentheil die nahe an der Netzhaut gelegenen hinuntersinken, so dass sie in der Gesichtslinie an einander vorbei passiren. Darauf sehen wir aber die gefalteten Membranen oft mehr und mehr undeutlich werden, ohne dass man sagen könnte, sie verlassen das Gesichtsfeld, und doch erscheinen sie sogleich wieder scharf begrenzt, wenn man die Bewegung wiederholt. Daraus geht hervor, und aufmerksame Beobachtung bestätigt es noch mehr, dass diese Membranen nur scheinbar eine ausgiebige Bewegung machen und dass das, was wir bei oberflächlicher Betrachtung geneigt sein würden, für eine Bewegung der ganzen Membran zu halten, nur eine Fortsetzung der Faltungen ist, welche durch die Bewegung an der Peripherie gebildet werden und nach dem Ende der Membranen hin ihre bestimmte Form verlieren. Die Ursache der verschiedenen Richtung, in welcher die Bewegung der Membranen und die Ausbreitung der Falten vor sich geht, ist in der Lage derselben vor oder hinter dem Bewegungscentrum zu suchen. Stellt man die Versuche bei künstlich erweiterter Pupille an, oder hält man den leuchtenden Punkt ganz nahe an das Auge, so dass man ziemlich weit seitwärts von der Gesichtslinie sehen kann, so beobachtet man, dass, besonders bei kräftigen, plötzlich unterbrochenen seitlichen Bewegungen, noch mehr Membranen ziemlich nahe hinter der Linse erscheinen, welche selten bis zur Gesichtslinie reichen, und hier in unregelmässigen Punkten, zuweilen zu Fetzen zerrissen, endigen. Diese Membranen wachsen und werden mit den Jahren undurchsichtiger, besonders wenn Myopie vorhanden ist.

Nachdem ich in der unten angegebenen Weise die Tiefenlage dieser verschiedenen Formen bestimmt hatte, gelang es mir im Vereine mit Professor Jansen (Ned. Lancet, 2. Serie, D. 11. 1843) einige und später mit Dr. Doncan sämmtliche Formen im Glaskörper der menschlichen Augen mit dem Mikroskope aufzufinden. Bei der Untersuchung wurde der Glaskörper sammt der unverletzten Hyaloidea in ein Hohlglas übertragen. Der Glaskörper wurde bald flach, und, indem wir ihn von verschiedenen Seiten aus ansahen, konnten wir ihn mit ziemlich starken Linsen ganz durchsuchen. Von den fliegenden Mücken, welche ein jeder entoptisch an sich selbst sehen kann, habe ich hier die Abbildungen nicht wieder abdrucken lassen. Mikroskopisch wahrnehmbar sind im Glaskörper: α. blasse Zellen und Zellenreste im Zustande der Schleimmetamorphose (Fig. 100, *a*, nahe der Gesichtslinie, *b*, im hintern Abschnitte mehr seitlich im Glaskörper). Diese entsprechen den unter *a* beschriebenen isolirten Kreisen. β. Mit Körnern besetzte Fasern (Fig. 101), die den Perlschnüren entsprechen. Wir fanden sie weniger allgemein, als die grosse Anzahl dieser Schnüre uns voraussetzen liess. γ. Körnergruppen mit daran hängenden gekörnten Fasern (Fig. 102), die den unter *c* beschriebenen Gruppen entsprechen. δ. (Fig. 103) Membranen, vorzugsweise seitlich dicht hinter der Linse gelegen, zahllos im Glaskörper alter Personen, den unter *d* beschriebenen entsprechend.

Fig. 101.

Fig. 100.

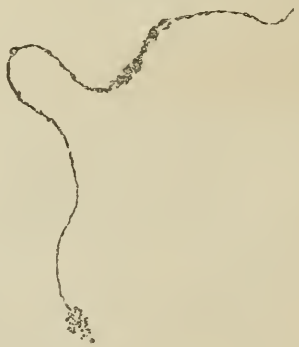
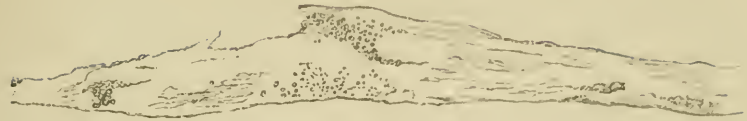


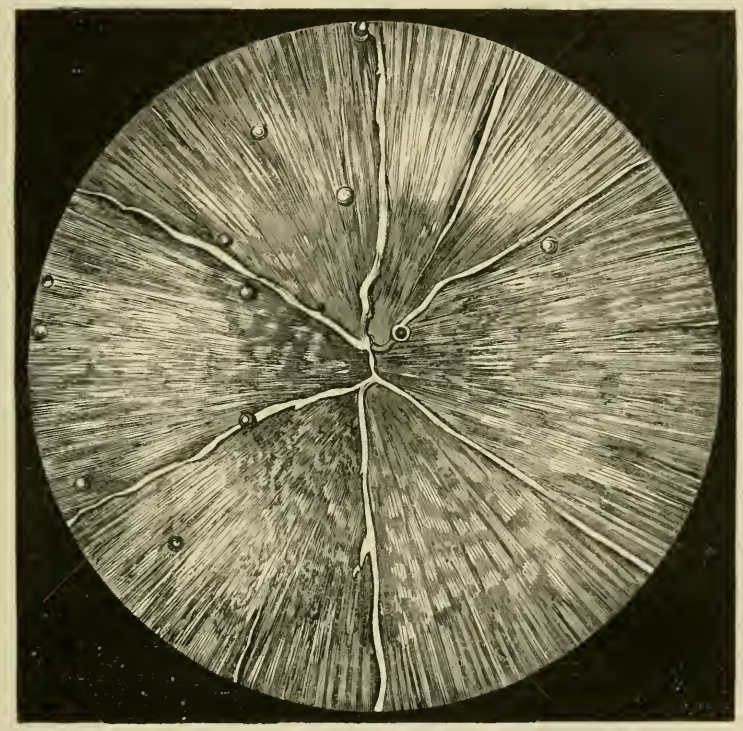
Fig. 102.

Fig. 103



3. Das Linsenspectrum. — Um dieses wahrzunehmen ist ein vollkommener homocentrisches Licht und desshalb eine sehr kleine Oeffnung nothwendig. Der ganze Kreis ist dann weniger erleuchtet, und wie wenn er mit Flor bedeckt wäre. (Fig. 104, meine rechte Linse bei Mydriasis.)

Fig. 104.



Wir finden darin: *a*) Perl-Flecken, ziemlich runde Scheiben mit scharf umschriebenen dunkeln Rändern, innen aber heller, fast allgemein in jedem Auge vorkommend. Der Mehrzahl nach liegen sie der Oberfläche der Linse ziemlich nahe und meist excentrisch, so dass sie nur erscheinen, wenn die Pupille künstlich erweitert ist. Bei zu verschiedenen Zeiten angestellten Untersuchungen fand ich, wie Listing, jedes Mal andere. Sie können sich in wenigen Tagen entwickeln und mitunter ein Jahr und länger bestehen bleiben. Im Allgemeinen nimmt ihre Anzahl mit den Jahren zu. Mikroskopisch erscheinen sie als grosse Kugeln zwischen den oberflächlichen Linsenfasern, welche sie gleichsam auseinanderdrängen, sichtbar.

b) Schwarze oder vielmehr undurchsichtige Flecken, gewöhnlich rund, zuweilen von unregelmässig eckiger oder länglicher Form, nicht so häufig, wie die Perlflecken. Ich habe sie auch bei mikroskopischer Untersuchung ziemlich oberflächlich, als weisse, körnige, undurchsichtige Körperchen fast immer an den Grenzen der Linsensectoren gesehen. Sie schienen nicht durch Fettmetamorphose entstanden.

c) Eine sternförmige, mehr oder weniger regelmässige Figur, gewöhnlich mit Verästlungen, die ungefähr vom Centrum ausgehen. Die Strahlen präsentiren sich mitunter als schwarze, aber gewöhnlich als weisse Linien mit dunkeln Rändern. Entfernen wir den Lichtpunkt vom Auge, so gehen diese Linien in die wohl bekannten Strahlen über, die ein Stern oder ein Lichtpunkt darbietet, für den das Auge nicht accommodirt ist, und diese entsprechen wieder den mannigfaltigen Bildern, unter welchen ein Punkt, z. B. ein feines weisses Korn, wie man es von dem Glanzlack einer Visitkarte abschabt, innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens auf einem dunkeln Grunde, z. B. von schwarzem Sammet, erscheint.

Diese Erscheinungen stehen mit der Zusammensetzung der Linse aus sogenannten Sectoren in Verbindung, welche man, wie Helmholtz gezeigt hat, auch im lebenden Auge sehr gut bei seitlicher Beleuchtung mit der Lupe sehen kann. Alle diese Unregelmässigkeiten der Linse nehmen mit dem Alter zu und erklären zum Theil die verminderte Sehschärfe.

Von allen beobachteten entoptischen Gegenständen können wir die Tiefenlage leicht nach einer Methode bestimmen, auf welche ich durch die von Brewster und Listing angegebenen geführt wurde. Anstatt durch eine, sehe ich durch zwei, 2·5 bis 3mm von einander entfernte, Oeffnungen von 0·1mm Durchmesser. Zwei Lichtcylinder (Fig. 105 *a a'*, *b b'* und *c c'*, *d d'*), jeder in sich homocentrisch, dringen dann unter einem solchen Winkel ins Auge, dass die Kreise, deren Durchmesser a' b' und c' d' sind, auf der Netzhaut ungefähr zur Hälfte einander decken; wir sehen sie desshalb wie in Fig. 106. In jedem Kreise sind nun die entoptischen

Fig. 105.

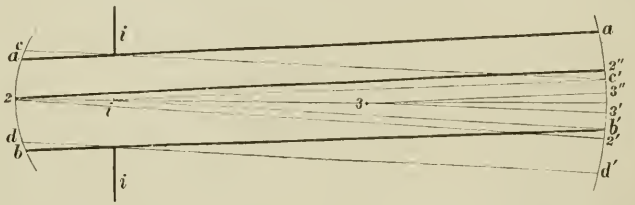
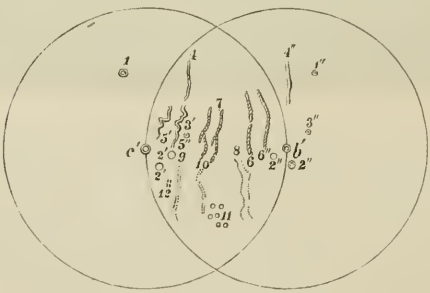


Fig. 106.



Spectra zu sehen. Von einem in der Ebene der Pupille *ii* gelegenen Punkte 1 liegen die beiden entoptischen Schatten genau in der Mitte der beiden Kreise, im Kreise a' b' bei c', im Kreise c' d' bei b', und desshalb genau eben so weit von einander entfernt, wie die Mittelpunkte der Kreise selbst. Für jeden andern in der Ebene der Pupille gelegenen Punkt ist der gegenseitige Abstand der beiden entoptischen Schatten natürlich auch gleich, obgleich sie jetzt in anderen Theilen der Kreise liegen. Dagegen für einen in der Hornhaut gelegenen Punkt 2 fallen sie als 2′ und 2″ weiter auseinander; für einen hinter der Ebene der Pupille gelegenen Punkt 3 fallen sie als 3′ und 3″ näher aneinander, wie die von diesen Punkten parallel zu den beiden Strahlen gezogenen Linien anzeigen. Wir sehen nun auch ohne weiters, dass die Entfernung d' von dem doppelten Schatten in demselben Verhältniss zu der Entfernung D' der entoptischen Gegenstände von der Netzhaut steht, wie der gegenseitige Abstand d der Mittelpunkte der beiden Kreise zu dem Abstand D der Ebene der Pupille von der Netzhaut (18 bis 19mm). Wir brauchen also nur den gegenseitigen Abstand d der beiden Centren (gleich der Breite der nicht zusammenfallenden Theile der Kreise) und die Entfernung des doppelten Schattens d' von irgend einem Gegenstande zu entwerfen, um für eben dieses Object als Entfernung von der Netzhaut zu dem Ausdruck

$$D' = \frac{d' \times 19}{d}$$

zu gelangen.

Das Messen der projicirten Bilder lässt sich leicht nach der in der Mikrometrie üblichen Methode à double vue ausführen. Indem man durch die beiden kleinen Oeffnungen (welche zu diesem Zweck die Stelle des Objectglases in einem Mikroskoptisch einnehmen mögen) nach unten auf einen das Licht reflectirenden Spiegel sieht, kann man mit dem andern Auge die Formen auf ein daneben liegendes Blatt weissen Papieres projiciren und messen. In dieser Weise wurden die oben mitgetheilten Entfernungen bestimmt. In Fig. 106 sehen wir in den beiden einander zur Hälfte deckenden Lichtkreisen die Mittelpunkte bei c' und b'; bei 1′ und 1″ die doppelten Bilder des Thränenschleimspectrums; bei 2′ und 2″ die der Perlflecken; bei 3′ und 3″ die der dunkeln Linsenflecken; bei 4′ und 4″ die der vordern, bei 5′ und 5″ die der hintern Falten; bei 6′ und 6″ und 7, 8, 9 und 10 die von immer kleineren Perlschnüren; bei 11 die von grösseren, bei 12 die von kleineren isolirten Kreisen. Zieht man die Entfernung, auf welche wir projiciren, in Rechnung, so finden wir auch leicht die Grösse der Schatten, welche sowohl wegen der Beugungslinien, als wegen der unvollkommenen Homocentricität des Lichtes etwas grösser sind, als die Gegenstände.

Zum Schluss noch ein Wort über die Geschichte unserer Kenntniss der entoptischen Gegenstände. Dechales (Cursus sive Mundus Mathematicus, Lugduni, 1690, T. III, pp. 393, 398 u. ffgd.), ein Jesuit des 17. Jahrhunderts, sah, da er hochgradig myopisch war, sein entoptisches Spectrum in dem Zerstreuungskreise entfernter Lichtpunkte, verstand und beschrieb, was er sah. Er bewies mit richtigen Gründen, dass bei gewöhnlichem Sehen bemerkbare fliegende Mücken entweder von Körperchen herrühren müssen, die nahe an der Netzhaut liegen, oder von krankhaften Theilen der Netzhaut selbst. Die Beobachtung über die wirkliche Bewegung der fliegenden Mücken durch Andreä (Gräfe's und von Walthers Journal der Chir. u. Augenheilkunde, B. VIII, p. 16, 1825), Prévôts (Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. Naturelle de Genève, 1832, p. 244), Sotteau (Ann. et Bull. de la Société de Méd. de Gand, B. XI, Buch 9, 1842) und Andere hätte genügen sollen, das von Dechales gestellte Dilemma zu lösen, aber trotz dem wurde ewig wiederholt, was Morgagni (Adversaria Anatomica, VI., Ann. LXXV, p. 94, Lugd. Batav. 1722) Wahres und Falsches gelehrt hatte. Seit 1760 hatte man, wie wir in Mackenzie (Edinburgh Med. and Surgical Journal. July, 1845) lesen, angefangen, die fliegenden Mücken sowohl durch kleine Oeffnungen, als mit Hülfe von Linsen zu studiren. Mackenzie selbst gab eine sehr treue Beschreibung des auf diese Weise beobachteten Thränen- Schleim- und des Glaskörper-Spectrums, aber ohne die von Brewster angegebene Methode, die Entfernung von der Netzhaut zu messen, zu benutzen. Brewster (Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. XV, p. 374)

hatte nämlich schon früher dadurch, dass er zwei Lichtpunkte (die dioptrischen Bilder zweier Flammen, auf welche er durch ein starkes dioptrisches System blickte) als ein experimentum crucis benützte, die Schatten verdoppelt, damit den directen Beweis geliefert, dass die Gegenstände, welche die fliegenden Mücken verursachen, im Glaskörper liegen, und selbst die Lage einer dieser fliegenden Mücken berechnet. Hierauf folgte die Arbeit von Listing (Beitrag zur physiologischen Optik. Göttingen, 1845), welcher die Theorie ausführlich entwickelte, das Linsenspectrum entdeckte, und die Lage der Gegenstände im Auge durch ihre Parallaxe bei Bewegungen des Auges bestimmte. Dabei behalten, wie sich leicht begreift, die Schatten von Körperchen, die in der Ebene der Pupille liegen, bei Bewegungen der Gesichtslinie ihren Platz im Lichtkreise, während die vor dieser Ebene gelegenen eine positive, die hinter ihr gelegenen eine negative Parallaxe aufweisen; und diese Parallaxe ist um so grösser, je grösser die Entfernung, von der in Rede stehenden Ebene ist.

Aber Listings Methode ist auf bewegliche Körperchen nicht gut anwendbar, die von Brewster bietet Schwierigkeiten in Bezug auf die Projection, und vor allem war die Berechnung unsicher und schwierig, bis ich nachwies, (Ned. Lancet, 2. Serie, 1847, D. II, pp. 365, 432 u. 537 und Arch. f. physiolog. Heilkunde, VIII., p. 30., 1849), dass die Entfernung der Mittelpunkte der beiden Kreise nahezu proportional (die Linse verursacht einen geringen Fehler) dem Abstande zwischen der Pupille und der Netzhaut sind. Bei meiner oben beschriebenen Methode entwarf ich die Projectionen anfangs auf ein weisses, von der Sonne beschienenes Blatt Papier, später mit Doncan (De corporis vitrei structura. Diss. inaug., Trajecti ad Rhenum, 1854) benutzte ich die Methode à double vue. Die Körperchen im Glaskörper hatte ich zum Theil schon mit meinem Freunde Prof. Jansen gefunden; später entdeckte ich alle Formen im Verein mit Doncan, der seine Dissertation über diesen Gegenstand unter meiner Leitung schrieb; auch habe ich die Formen in der Linse wiederholt gesehen. — An einem andern Orte (Ned. Lancet, 2. Serie, D. IV, p. 638) habe ich auch angegeben, wie man mittelst einer Linse mit einer vor ihr angebrachten Pupille (einer Oeffnung in einem Diaphragma) und zwei kleinen Lichtern in der Brennweite dieser Linse, die Erscheinungen, auf die sich unsere Methode bezieht, auf einem Schirme sichtbar machen kann.

Brewster schliesst seine Abhandlung mit folgenden treffenden Worten: „And this is but one of numerous proofs, which the progress of knowledge is daily accumulating, that the most abstract and apparently transcendental truths in physical science, will, sooner or later, add their tribute to supply human wants, and alleviate human sufferings. Nor has science performed one of the least important of her functions, when she enables us, either in our own case, or in that of others, to dispel those anxieties and fears, which are the necessary offspring of ignorance and error.“ Diese Worte sind aus dem Leben gegriffen. Jeder Augenarzt weiss aus Erfahrung, wie wahr sie sind. „Few symptoms prove so alarming to persons of a nervous habit or constitution as muscae volitantes, and they immediately suppose that they are about to lose their sight by cataract or amaurosis.“ Oft werden sie leider in dieser Angst von unwissenden praktischen Aerzten noch bestärkt. Nichts aber ist leichter, als solche trübsinnige Patienten, welche sich gewöhnlich schon einige Kenntniss über das Auge verschafft haben, zu überzeugen, dass der Sitz des Phänomens in den Glaskörper und nicht in den Nerven zu verlegen ist. Sie begreifen die Bedeutung der beiden Schatten durch ein Experiment mit zwei Lichtern, welche von einem Gegenstande zwei Schatten auf eine Wand werfen, leicht. Unter welchen Umständen Klagen über fliegende Mücken eine gefährliche Bedeutung haben, werde ich bei Gelegenheit der Myopie auseinander setzen.

Ich publicirte vor längerer Zeit eine ausführliche Arbeit (Ned. Lancet, 2. Serie, D. 11) über die Anwendung der entoptischen Untersuchung zur Diagnostik von Augenkrankheiten. Seit wir aber, Dank der werthvollen Erfindung von Helmholtz, den Augenspiegel besitzen, ist die Wichtigkeit der entoptischen Untersuchungsmethode vollkommen in den Schatten gestellt.

§ 17. Einfluss des Alters auf die Accommodationsbreite. — Presbyopie. — Erworbene Hypermetropie.

Noch mehr als die Refraction des Auges wird die Accommodationsbreite mit zunehmenden Jahren verändert. Die Verminderung des Accommodationsvermögens tritt zuerst ein. Sie lässt sich lange, bevor der Refractionszustand des ruhenden Auges irgend eine Veränderung erleidet, nachweisen; denn die Entfernung R des Fernpunktes bleibt noch lange Zeit unverändert, wenn P, die Entfernung des Nahpunktes, schon allmälig weiter und weiter hinaus rückt. Dadurch vermindert sich die Accommodationsbreite.

Das allmälige Hinausrücken von p ist eine Thatsache allgemeiner Erfahrung. Man trägt sich jedoch allgemein mit der Ansicht, dass dieses Hinausrücken erst mit den vierziger Jahren beginnt. Diess ist ein Irrthum. Unter gewissen Umständen macht sich das Hinausrücken von p vor jener Zeit in normalen Augen nicht als eine Sehstörung geltend, und zieht desshalb erst dann die Aufmerksamkeit auf diese sogenannte Gesichtsschwäche; aber schon in der Jugend, ja selbst vor der Pubertät, rückt p beträchtlich hinaus. Diese Veränderung befällt alle Augen ohne Unterschied, sowohl myopische, vorausgesetzt, dass sie übrigens gesund sind, als hypermetropische und emmetropische Augen.

Zunächst möge hier ganz allgemein die Frage aufgeworfen werden, wie und woher es kommt, dass schon in so früher Zeit, wo alle Functionen, und besonders die der Muskeln, im Zustande der progressiven Entwicklung sich befinden, das Accommodationsvermögen, welches doch auch auf einer Muskelthätigkeit beruht, an Ausdehnung verliert? Da wir zugeben müssen, dass der Ciliarmuskel noch unverändert bleibt und desshalb noch in voller Kraft steht, so gelangen wir sogleich zu dem Schlusse, dass wenigstens am Anfang der Grund der Abnahme lediglich in dem Zustande derjenigen Theile, welche bei der Accommodation passive Veränderungen eingehen, und durchaus nicht in jenen, durch welche die Veränderungen activ hervorgebracht werden, gesucht werden muss. Das Organ, welches passiv verändert wird, ist aber die Linse. Es fragt sich desshalb, ob sich die Abnahme der Accommodationsbreite $\frac{1}{A}$ daraus erklären lässt? Es steht fest, dass die Linse im Alter härter ist, als in der Jugend. Es lässt sich sogar, wie ich denke, behaupten, dass die Härtezunahme schon in sehr früher Zeit beginnt. In Folge der grösseren Härte kann nun dieselbe Muskelthätigkeit nicht mehr dieselbe Formveränderung der Linse hervorbringen. Es ist desshalb sehr wahrscheinlich, dass die frühzeitige Abnahme von $\frac{1}{A}$ von dem Härterwerden der Linse abhängt. Erst wenn das Accommodationsvermögen schon beträchtlich abgenommen hat, tritt allmälig auch eine leichte Verminderung des Refractionszustandes ein. Diess äussert sich darin, dass sich jetzt auch r vom Auge zu entfernen beginnt, und dass desshalb der hintere Brennpunkt tiefer in das Auge oder gar hinter die Netzhaut rückt. Doch ist, wie ich schon bemerkt habe, die Abnahme des Refractionszustandes nicht vor einer späten Lebensperiode nachweisbar. Um das vierzigste Jahr hat sie entweder noch gar nicht, oder doch nur in unmerklichem Grade begonnen, und entschieden ausgeprägt

ist sie im emmetropischen Auge nicht vor dem sechzigsten oder siebzigsten Jahre. Wegen der gleichzeitig verminderten Accommodationsbreite kann sich das Auge bei parallelen Gesichtslinien häufig nicht einmal für entfernte Gegenstände accommodiren, und bedarf desshalb auch für die Entfernung eines Convexglases.

Es könnte nun das Bedenken laut werden, ob die Abnahme der Refraction nicht blos scheinbar sei, ob nicht in all den Fällen, in welchen in einer spätern Lebensperiode Hypermetropie nachweisbar ist, schon in der Jugend ein gleicher Grad von Hypermetropie latent vorhanden gewesen sei. Wäre diess der Fall, so würde die Veränderung sich ausschliesslich auf Verminderung der $\frac{1}{A}$ beschränken. Doch können wir mit gutem Grunde diesen Zweifel für unberechtigt erklären. Mitunter entwickelt sich ein gewisser Grad von Hypermetropie in verhältnissmässig so kurzer Zeit, besonders dann, wenn Spuren von Trübungen auftreten und, wie es scheint, auch bei Glaucom, dass wir gar keinen Grund zu der Annahme haben, derselbe Grad von Hypermetropie habe ursprünglich bestanden. Wovon hängt nun aber die Verminderung der Refraction ab? Man hat die Vermuthung aufgestellt die Hornhaut werde flacher, der Umfang des Bulbus, und damit auch die Sehachse, werde kleiner. Mir scheint es jedoch wahrscheinlicher, dass die Ursache in der Linse zu suchen ist. Es ist allgemein bekannt, dass dieselbe im vorgerückten Lebensalter zugleich mit der Iris vorrückt, und diess verursacht den Anschein, als werde die Hornhaut flacher. Aber diese Lagerveränderung der Linse würde die entgegengesetzte Folge haben und würde den Brennpunkt etwas nach vorne rücken. Es muss desshalb noch eine andere Ursache vorhanden sein, welche trotz dieses Umstandes die Refraction vermindert. Diess ist, wenn ich nicht irre, vorzugsweise die mehr gleichmässige Dichtigkeit in den verschiedenen Schichten der Linse. Schon Thomas Young bemerkte, und es ist von Senff, Listing und andern (vergl. p. 34) ausführlicher entwickelt worden, dass die Linse vermöge ihres lamellösen Baues mit nach der Peripherie abnehmendem Brechungscoefficienten eine kürzere Brennweite haben muss, als eine Linse, von ähnlicher Form und ganz aus einer gleichartigen Substanz mit dem Brechungscoefficienten des Kernes bestehend, haben würde. Wenn desshalb mit den Jahren die äusseren Schichten dichter werden, so muss diess eine grössere Brennweite zur Folge haben. Nun lässt sich aber diese Zunahme der Dichtigkeit dadurch nachweisen, dass mit den Jahren die Reflexbilder an der vordern und hintern Oberfläche der Linse deutlicher werden; sie werden aber um so deutlicher, je grösser der Unterschied der Brechungscoefficienten der äusseren Linsenschichten einerseits und des Humor aqueus und des Glaskörpers andererseits wird. Dasselbe lässt sich auch durch die anatomische Untersuchung nachweisen. Ausserdem scheint die Linse im Alter auch flacher zu werden, wodurch die Krümmungshalbmesser ihrer Oberflächen und ihre Brennweite grösser werden.

Ich habe die Ueberzeugung gewonnen (v. p. 77), dass die Hornhaut nicht flacher wird, und habe keinen Grund anzunehmen, dass die Sehachse kürzer wird, ausgenommen im höchsten Alter. Ich glaube desshalb, dass die Ursache der verminderten Refraction in den oben angeführten Veränderungen der Linse zu suchen ist. Diese Ansicht wird schliesslich noch durch den Umstand begünstigt, dass die Abnahme des Refractionszustandes mit der Abnahme

des Accommodationsvermögens Hand in Hand geht. In der That deutet diess auf eine gemeinsame Ursache hin, und wir haben oben gesehen, dass die letztere auf einem Härterwerden der Linse beruht. Die Brechkraft des Glaskörpers habe ich in verschiedenen Lebensperioden nicht verglichen. Es ist selbstredend, dass da seine vordere Oberfläche concav ist, eine Zunahme seines Brechungscoefficienten den hintern Brennpunkt des Auges nach hinten verrücken muss.

Wie ich oben bemerkt habe, treten die Veränderungen der Accommodation und Refraction bei jeder Form des Auges auf. Hier haben wir nur diejenigen Veränderungen einer genaueren Prüfung zu unterziehen, die im emmetropischen Auge vor sich gehen.

Fig. 107.

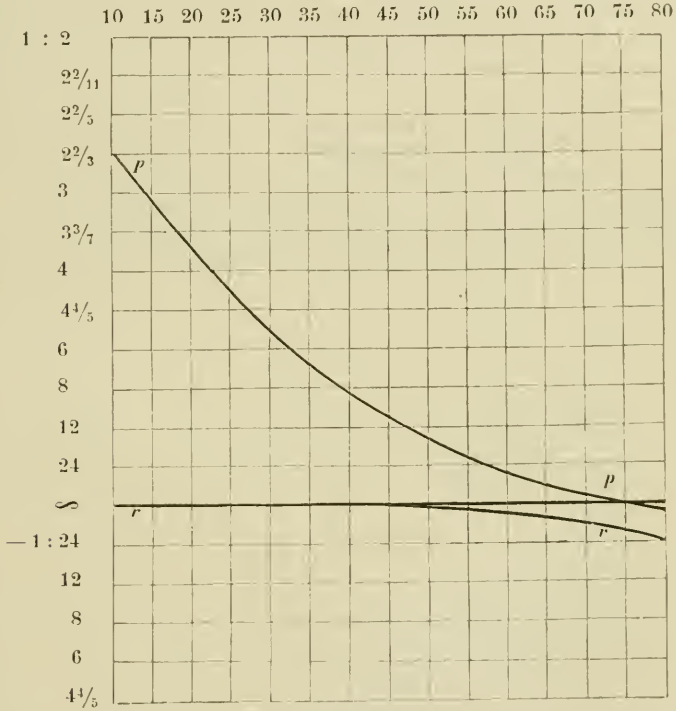
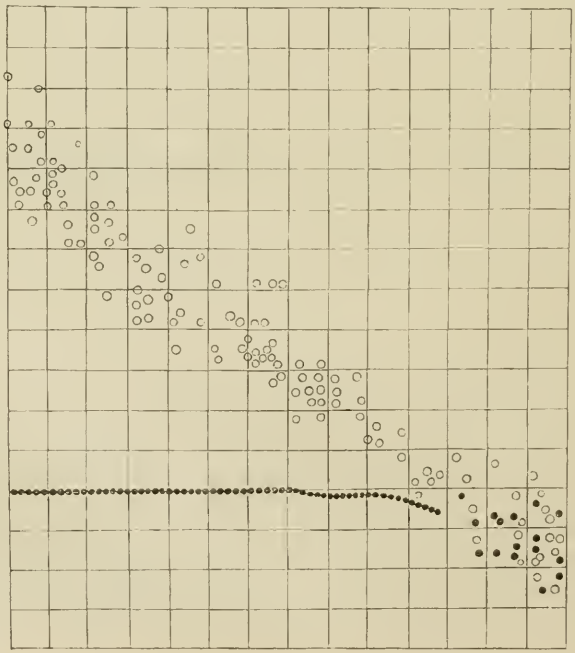


Fig. 107 stellt den Verlauf des Nahpunktes pp und des Fernpunktes rr, in Folge dessen auch die Accommodationsbreite des emmetropischen Auges, in verschiedenen Lebensperioden dar. Die Figur bedarf nur kurzer Erläuterung. Die links stehenden Ziffern zeigen in Pariser Zoll die Entfernung an, für welche accommodirt werden kann; die, welche unterhalb ∞ stehen, haben, wie in den früheren Figuren, negatives Vorzeichen; sie geben die Entfernung an, in der convergirende Strahlen, für welche das Auge accommodirt ist, hinter dem Knotenpunkte zur Vereinigung kommen. Die an der obern Seite der Figur stehenden Ziffern drücken das Alter in Jahren aus. An den die Punkte pp

und rr verbindenden Linien können wir desshalb für jedes Lebensjahr den Nahpunkt und den Fernpunkt ablesen, während gleichzeitig der Abstand beider Linien die Accommodationsbreite angibt. Der Abstand zwischen je zwei horizontalen Linien ist wieder $= {}^1/_{24}$ Accommodation. Aus der Figur ist direct ersichtlich, dass schon vom 10. Jahre an, wo es möglich wird zu beobachten, p sich vom Auge entfernt, und zwar mit ziemlich gleichmässiger Geschwindigkeit, so dass mit dem dreissigsten Jahre $\frac{1}{A}$ ungefähr auf die Hälfte von dem herabgesunken ist, was sie im 10. Jahre war. Von dieser Zeit an scheint die Abnahme etwas langsamer vorzuschreiten, aber nichts desto weniger bis ins höchste Alter stetig ihren Fortgang zu nehmen. Der Gang des Fernpunktes ist davon ganz verschieden. Bis zum 40. Jahre bleibt er in gleicher Höhe; aber von da an rückt er, wenn auch ausserordentlich langsam, hinaus, indem das emmetropische Auge etwa ums 50. Jahr etwas hypermetropisch wird, welche Hypermetropie ums 80. Jahr herum zwischen ${}^1/_{24}$ und ${}^1/_{10}$ beträgt. Diese erworbene Hypermetropie wird schliesslich absolut, d. h. das Auge kann nicht nur für divergente, sondern auch für parallele Strahlen nicht mehr accommodiren. Ich habe nicht selten Leute von sechzig Jahren mit absoluter Hypermetropie getroffen, die aller Wahrscheinlichkeit nach in der Jugend gar nicht an Hypermetropie gelitten hatten. Diess durfte man annehmen, wenn sie nicht vor dem 45. Lebensjahre Abends zu feinen Arbeiten Brillen gebraucht hatten.

Der Verlauf für p im emmetropischen Auge ist aus einer grossen Anzahl Beobachtungen abgeleitet worden. In Fig. 108 ist jede Beobachtung durch einen

Fig. 108.



Punkt angegeben, und die Lage dieser Punkte zeigt gleichzeitig, dass die Abweichungen vom mittlern Verlauf nicht besonders gross sind. Und doch sind dieselben wenigstens theilweise einem Beobachtungsfehler zuzuschreiben; bei andern mag ein leichter Grad von Hypermetropie die Abweichungen vergrössern. Bei der Anfertigung dieser Tabelle wurden grösstentheils emmetropische Augen benutzt, aber auch Augen mit einem leichten Grade von Myopie ($= {}^1/_{10}$ oder weniger) wurden nicht ausgeschlossen. Die letzteren sind sogar vorzuziehen. In der That haben wir allein bei diesen ohne künstliche Accommodationsparalyse genügende Sicherheit, dass der Nahpunkt nicht durch latente Hypermetropie beeinflusst wird, und wir dürfen annehmen, dass bei solchen Graden von Myopie $\frac{1}{A}$ ebenso gross ist, wie bei Emmetropie. Natürlich wurde p im Verhältniss zum Grade der Myopie reducirt. Schliesslich will ich bemerken, dass, wenn p weiter als 8″ zu liegen schien, es jedesmal aus einer mit Hülfe von Convexgläsern, durch welche p auf 8″ gebracht wurde, gemachten Bestimmung berechnet wurde. Würde man diese Vorsicht nicht gebrauchen, so würde $\frac{1}{A}$ im vorgerückten Lebensalter wegen der Abwesenheit der Convergenz bei der Bestimmung von P zu niedrig berechnet werden.

Von der eben beschriebenen Abnahme der Refraction, besonders aber der Accommodation, hängt ein Zustand ab, der Presbyopie, *Pr*, genannt worden ist. Presbyopie ist synonym mit Weitsichtigkeit. Damit soll keineswegs gesagt sein, dass das Auge in grosser Entfernung deutlich sieht, denn das sind junge emmetropische und mässig hypermetropische Augen auch im Stande. Das Wort soll blos die Thatsache ausdrücken, dass das Auge nahe Gegenstände nicht deutlich sehen kann. In derselben Weise nennen wir Jemanden kurzsichtig, nicht weil er kleine Gegenstände in der Nähe unterscheiden kann — denn diess kann ein jugendliches emmetropisches Auge so gut, wie ein kurzsichtiges —, sondern weil er in grosser Entfernung nicht gut sieht. Ich will mich indess bei der Ungenauigkeit des Ausdruckes Fern- oder Weitsichtigkeit nicht aufhalten. Ich habe nur den Begriff feststellen wollen, und dieser verdient jetzt noch genauer bestimmt zu werden.

In dieser Hinsicht wäre zunächst zu bemerken, dass nur jene Fernsichtigkeit als Presbyopie zu betrachten ist, welche von verminderter $\frac{1}{A}$ abhängig und die Folge des vorgerückten Lebensalters ist. Diess deutet schon die Etymologie des Wortes an, das aus *πρέσβυς*, alt, und *ὤψ*, Auge, zusammengesetzt ist. Wollte man jede Störung des deutlichen Sehens in der Nähe mit Presbyopie bezeichnen, so würde auch die Lähmung des Accommodationsvermögens dahin gerechnet werden müssen. Selbst Hypermetropie, insofern dabei ferne Gegenstände leichter, als nahe gesehen werden, würde nicht ausgeschlossen sein, und wir haben es doch klar genug auseinander gesetzt, zu welch grosser Ideenverwirrung dadurch Anlass gegeben würde (vergl. § 6). Der Ausdruck Presbyopie kann desshalb nur den Zustand bezeichnen, bei dem in Folge zunehmenden Alters die Accommodationsbreite geringer und das Sehen in der Nähe schwieriger geworden ist.

Aus dieser Definition geht aber hervor, dass Presbyopie wirklich in der Abnahme der Accommodationsbreite in Folge der Zunahme der Jahre enthalten

ist. Denn Presbyopie ist die normale Eigenschaft des normalen, emmetropischen Auges im vorgerückten Alter. Sie ist desshalb eigentlich ebenso wenig eine Anomalie, als graue Haare und eine runzlige Haut. Wäre sie aber eine Krankheit, so würde sie viel weniger eine Refractions-, als eine Accommodationskrankheit sein.

Wo fängt aber die Presbyopie an? Ziehen wir die Linie pp in Fig. 107, welche den emmetropischen Nahpunkt zu verschiedenen Lebenszeiten darstellt, zu Rathe, so sehen wir, dass p sich von früher Jugend an bis ins hohe Alter hinein mit ziemlicher Gleichmässigkeit mehr und mehr vom Auge entfernt, und dass folglich das Sehen in der Nähe immer mehr erschwert wird. Nirgends sehen wir einen Ruhepunkt oder einen Sprung in der Curve.

Daraus folgt, dass wir die Grenze von Pr nicht ohne Willkühr festsetzen können. Im Auge selbst ist kein Grund zu finden, um einen scharfen Unterschied zwischen presbyopischen und nicht presbyopischen Augen zu machen. Wenn aber die Grenze einmal künstlich geschaffen werden soll, so muss sie conventionell sein.

Diess führt uns auf die Frage, ob es überhaupt nöthig ist, eine Presbyopie aufzustellen, und ob es nicht besser wäre, sich darauf zu beschränken, in jedem besondern Falle die Accommodationsbreite und den Grad von Myopie oder Hypermetropie, wo sie vorhanden sind, zu bestimmen. Ohne Zweifel würde diess wissenschaftlicher sein. Trotzdem würden wir, meiner Meinung nach, nur wenig Anklang finden, wenn wir einen so allgemein bekannten und in so ausgedehnter Weise gebrauchten Ausdruck fallen liessen. Ich glaube auch, dass wir der ärztlichen Praxis damit keinen Gefallen thäten. In der Praxis brauchen wir ein Wort, das denjenigen Zustand bezeichnet, in welchem das Auge im vorgerückten Alter für gewöhnliche Arbeit in der Nähe eine Convexbrille nöthig hat, und dieses Wort ist eben Presbyopie.

Mit alledem ist aber noch nicht bestimmt, wo die Presbyopie eigentlich ihren Anfang nimmt. Und doch muss diess geschehen. Unsere gesellschaftlichen Zustände bringen es mit sich, dass wir lesen, schreiben und andere feine Arbeit thun. Es liegt auf der Hand, dass die mittlere Grösse der bei dieser Arbeit verwendeten Formen in einem nahen Zusammenhange mit der Schärfe des Sehvermögens und mit der deutlichen Sehweite des normalen Auges steht. Dasselbe gilt für künstlerische und viele andere Beschäftigungen. Was das menschliche Auge in voller Lebenskraft zu leisten im Stande ist, hat dafür im Allgemeinen als Maassstab gegolten. Vor der allgemeinen Verwendung von Brillen, war dieses Maass ohne Zweifel ein anderes, und wären aus irgend einem Grunde diese Instrumente nicht mehr Allen zugänglich, so würde allgemein ein grösserer Druck den jetzt gebräuchlichen ersetzen. Der allgemeine Gebrauch von Brillen hat desshalb einen Einfluss auf die Grenze des deutlichen Sehens ausgeübt, an welcher wir die Presbyopie anfangen lassen müssen. Das Unbestimmte dieser Grenze tritt dabei deutlich hervor. Wir müssen nun untersuchen, wie lange die Augen die Anforderungen erfüllen, welche der angenommene Maassstab an sie stellt. Schon im 30. Jahre liest das normale Auge oft ungern den kleinen Druck, welchen der Kurzsichtige vorzieht, und dem die Jugend nicht aus dem Wege geht. Im 40. Jahre aber bietet gewöhnlicher Druck dem emmetropischen Auge noch keine Schwierigkeit. Mit dem 45. Jahre dagegen werden die mit kleineren Buchstaben gedruckten Anmerkungen

häufig übergangen und das Buch am Abend vielleicht etwas früher bei Seite gelegt. Wir bemerken nun bald, dass ein Gegenstand, um deutlich gesehen zu werden, ein wenig vom Auge abgerückt wird. Eine helle Beleuchtung wird aufgesucht, mehr noch um die Zerstreuungskreise durch Verengerung der Pupille bei ungenauer Accommodation zu verkleinern, als um lichtstärkere Netzhautbilder zu erhalten. Gewöhnliche Beschäftigungen werden jedoch auch Abends noch ohne Unterbrechung und ohne merkliche Anstrengung fortgesetzt. Wo es aber gilt, mitunter vorkommende feinere Gegenstände recht scharf zu sehen, da muss man, wie ungerne auch, die Klage laut werden lassen, dass die Augen nicht mehr sind, was sie waren. Der binoculäre Nahpunkt liegt um diese Zeit meist in 8″ vor dem Auge; in diesen Punkt habe ich früher schon den Anfang der Presbyopie gesetzt und glaube auch jetzt daran festhalten zu müssen. Im folgenden Paragraphen werden wir jedoch sehen, dass bei einem Nahpunkt von 8″ der Gebrauch von Brillen noch nicht in allen Fällen, und in der That nicht einmal in der Regel, erforderlich wird.

Sind wir über eine bestimmte Entfernung als den Beginn der Presbyopie überein gekommen, so kann diess auch dazu dienen, den Grad der Presbyopie zu bestimmen. Diess geschieht nun auf eine sehr einfache Weise. Liegt nämlich p_2 in n Pariser Zoll vor dem Auge, so ist unter Annahme der oben erwähnten Grenze $Pr = 1/8 - \frac{1}{n}$; für $p_2 = 16''$ ist also $Pr = 1/8 - 1/16 = 1/16$; für $p_2 = 24''$, $Pr = 1/8 - 1/24 = 1/12$. Es sind nun auch Gläser von ungefähr $1/8 - \frac{1}{n}$ und in den gewählten Beispielen von $1/16$ und $1/12$ erforderlich, um p_2 auf 8″ zu bringen, d. h. die Presbyopie zu neutralisiren. Ich sage „von ungefähr $1/8 - \frac{1}{n}$“, weil mit zunehmender Convergenz p_2 sich dem Auge ein wenig nähert; da aber bei Presbyopie die relative Accommodationsbreite der Hypermetropie sich sehr genähert hat (vergl. p. 106, Fig. 65), so braucht man diess für gewöhnlich nicht in Rechnung zu ziehen. Wollten wir ganz genau sein, so könnten wir den Grad der Presbyopie aus dem Glase bestimmen, mit welchem durch den directen Versuch p_2 auf 8″ gebracht wird. Wir werden aber im folgenden Paragraphen sehen, dass die Bestimmung des Grades der Presbyopie nur einen untergeordneten Werth hat, theils weil die Grenze der Presbyopie conventionell ist, theils weil der Zustand durch Accommodationsverhältnisse complicirt wird, und diese sowohl, wie die Sehschärfe, die praktische Anwendung von Gläsern beeinflussen. Wir sollten daher auf die Bestimmung des Grades der Presbyopie nicht die grosse Wichtigkeit legen, welche mit der Bestimmung des Grades der Myopie und Hypermetropie verknüpft ist.

Bisher haben wir ausschliesslich von der Presbyopie des emmetropischen Auges gesprochen; doch sind auch das myopische und hypermetropische Auge ihr unterworfen. Ein Hypermetrop muss presbyopisch genannt werden, sobald beim Gebrauche des seine Hypermetropie neutralisirenden Glases sein p_2 weiter als 8″ vom Auge liegt. Was die Kurzsichtigen anlangt, so halten wir dagegen an der für Presbyopie gegebenen Definition fest und sprechen bei M erst dann von Pr, wenn die Entfernung von p_2 mehr als 8″ beträgt. Daraus folgt, dass nur die leichten Grade von Myopie mit Presbyopie im gewöhnlichen Sinne des

Wortes behaftet sein können, und dass diess schon bei $M = {}^1/_4$ unmöglich ist, selbst wenn das Accommodationsvermögen ganz verloren gegangen ist. Auch tritt bei den leichten Graden von Myopie die Presbyopie sogar viel später auf, als im emmetropischen Auge. Darin finden Myopen einen Ersatz für das, was sie beim Sehen in die Ferne entbehren. Der Vortheil ist nicht gering. Bis zum 60. und selbst dem 70. Lebensjahre für alles, was unmittelbar vor die Augen kommt, keine Brillen zu brauchen, ist doch ein grosser Vorzug. Dieses Vorrecht geniessen alle Myopen von ${}^1/_{10}$ — ${}^1/_{14}$, bei welchen Graden das Auge von keiner besondern Gefahr bedroht ist, und geringeren Graden von Myopie kommt schon ein bedeutender Theil davon zu Gute. Solche Augen können selbst von emmetropischen Augen beneidet werden. Ich habe keinen Emmetropen gesehen, welchem ein solches Vorrecht zu Theil ward. Viele sind jedoch in diesem Wahn befangen. Fast täglich kommt es vor, dass mit 55 Jahren die Entfernung von p_2 noch zwischen 8″ und 10″ liegt, und an den Gebrauch von Brillen noch nicht gedacht wird. Solche Leute betrachten sich selbst als glückliche Ausnahmen und sind ausserordentlich stolz auf ihr gutes Gesicht. Die Frage, ob sie kurzsichtig sind, wird mit selbstgefälligem Lächeln verneinend beantwortet. In 20′ Entfernung hängen die Snellen'schen Tafeln: *XX* und *XXX* können sie nicht erkennen, *XL* auch nicht oder kaum; *L* und *LXX* sind die ersten, welche leicht erkannt werden. Erst Gläser — ${}^1/_{50}$ oder — ${}^1/_{36}$ bewirken, dass sie *XX* oder wenigstens *XXX* in scharfen Umrissen erkennen. Mit grossem Widerstreben erklären sie sich für geschlagen. Sie sind also doch etwas myopisch! — Es ist wahr; sie haben immer einen ganz andern Begriff mit dem Worte Myopie verbunden. Für den Augenarzt ist es jedoch wichtig, das Vorhandensein dieses leichten Grades von Myopie nachgewiesen zu haben. Er lernt daraus die unwandelbare und gesetzmässige Grösse der an jedes Lebensalter geknüpften Accommodationsbreite erkennen und kann diese Kenntniss zuweilen auch mit Nutzen verwerthen. So wird oft, wenn wir nach der Erblichkeit der Myopie fragen, die Myopie der Aeltern geläugnet, und doch mit demselben Athemzuge als Beweis ihres vortrefflichen Gesichtes hinzugefügt, dass sie noch im 50. Jahre, wenn nicht länger, Abends ohne Brillen lesen und schreiben konnten; — man weiss dann, woran man sich zu halten hat. Kommt andererseits Jemand zu uns, welcher, um feine Arbeiten längere Zeit fortsetzen zu können, schon in seinem 35. oder 40. Jahre Convexgläser nöthig hat, so werden wir fast immer finden, dass ein leichter Grad von Hypermetropie in ihm lauert. Wäre ihr Grad etwas grösser, so würden sich die Beschwerden schon früher unter dem Charakter von Asthenopie zu erkennen gegeben haben.

Jemehr ich den Gegenstand untersuche, desto fester bin ich davon überzeugt, dass in einer gegebenen Lebenszeit die Accommodationsbreite eine fast gesetzmässige Grösse hat. Wenn es keine günstigen Ausnahmen gibt, so hängen die ungünstigen mit gewissen Fehlern, dem Beginn von Cataracta oder Glaucoma simplex[1]), erschöpfenden Krankheiten oder Accommodationslähmung zusammen. Davon werden wir vom klinischen Gesichtspunkte aus im folgenden Abschnitte sprechen.

---

[1]) v. Bowman. British med. Journal, Oct. 11. 1862.

Anmerkung zu § 17.

Wir haben oben schon angegeben, dass ein hochgradig myopisches Auge nie presbyopisch werden kann. Es verliert mit zunehmenden Jahren an Accommodationsbreite, der Nahpunkt entfernt sich mehr und mehr von dem Auge, und diess kann auch mit dem Fernpunkte geschehen; die physikalischen Veränderungen, welche dabei im myopischen Auge stattfinden, sind denen in andern Augen durchaus ähnlich, und trotzdem darf dieser Zustand nicht Presbyopie heissen, weil der Nahpunkt sich nicht bis auf 8″ von dem Auge entfernt. Hieraus ergibt sich von Neuem das Willkührliche und Conventionelle des Begriffes Presbyopie. Ich will auch gar nicht verhehlen, dass ich anfangs sehr geneigt war, dem Ausdrucke Presbyopie eine umfassendere Bedeutung beizulegen, indem ich damit die jedem Auge zukommende senile Veränderung ausdrücken wollte. „Diese Veränderung", so war mein Gedankengang, „durch bestimmte anatomische Eigenschaften charakterisirt, kommt in jedem Auge ohne Unterschied zu Stande. Sie veranlasst Störungen im Sehen und zwar bei jeder Form des Auges dieselben: das Auge nämlich kann weder unbewaffnet, noch mit bestimmten Gläsern versehen willkührlich in der Ferne oder in der Nähe scharf unterscheiden. Diese dem Alter eigenthümliche Störung verdient den Namen Presbyopie".

Vom wissenschaftlichen Standpunkte betrachtet ist diese Anschauung auch ganz richtig. So lange Presbyopie zu Myopie in Gegensatz gestellt wurde, konnte diesem Ausdrucke keine ausgedehntere Bedeutung beigelegt werden; denn Myopie musste Presbyopie ausschliessen, und die Presbyopie konnte bei alten Myopen nicht vorkommen, so bedeutend auch der Grad der senilen Veränderung war. Jetzt aber, da dieser Gegensatz nicht mehr anerkannt wird, sieht man leicht ein, dass das myopische Auge auch presbyopisch werden kann; und es drängt sich uns wie von selbst der Gedanke auf, die senilen Veränderungen mit verminderter Accommodationsbreite in jedem Auge ohne Unterschied mit dem Worte Presbyopie zu bezeichnen. Ueberdiess spricht auch die Etymologie dafür, dem Worte Presbyopie eine ausgedehntere Bedeutung zu geben. Denn Fernsichtigkeit kommt in der Regel nur bei alten Leuten vor und ist darum Presbyopie genannt worden. Mit noch grösserem Rechte aber könnte dieser Ausdruck für jenen oben erwähnten Zustand gebraucht werden, der mit dem hohen Alter untrennbar verbunden ist.

Auf der anderen Seite: verba valent usu. Diess hat schliesslich schwerer bei mir gewogen, als die Forderungen der Logik und der Etymologie. Auch dachte ich daran, dass die Praxis eines Wortes bedarf, um anzudeuten, dass übliche Beschäftigungen in der Nähe nur mühsam ohne optische Unterstützung ausgeführt werden können, und dafür wollte ich nicht gerne wieder eine neue Bezeichnung vorschlagen. Darum habe ich das Wort Presbyopie in seiner gangbaren Bedeutung beibehalten. Nur wurde der Begriff präcisirt. Es wurde Alles, was zur Hypermetropie und Paralyse gehört, davon getrennt; die senile Veränderung mit Abnahme der Accommodation wurde als wesentliches Kennzeichen angenommen, und von diesem Gesichtspunkte aus war es nicht schwer zu bestimmen, wie weit dieser Ausdruck auch auf myopische und hypermetropische Augen seine Anwendung finde.

§ 18. Behandlung der Presbyopie.

Abnahme des Accommodationsvermögens führt, wie wir gesehen haben, zu Presbyopie, und ihr kann das emmetropische Auge in einem gewissen Alter nicht entgehen. In der Jugend betrachtet dasselbe kleine Gegenstände mit Vorliebe und ohne merkbare Anstrengung in einer Entfernung von etwa 6″. Später wird dieser Abstand grösser, trotz der kräftigen Anstrengung und trotz vortheilhafterer Anwendung der noch bestehenden Accommodation bei relativ geringerer Convergenz. So naht die Zeit heran, da Lesen und Arbeiten in

der Nähe mit Schwierigkeit verbunden sind. Damit nun kündet sich die Presbyopie selber an. Selten hört man zugleich, dass die Arbeit ermüdet, mehr wird geklagt, dass das Sehen nicht scharf ist. Die Buchstaben *n* und *m* werden schwer unterschieden; die Ziffern 3, 5 und 8 werden verwechselt, ein Strich wird doppelt, ein Punkt mehrfach gesehen etc. Geben wir einem solchen Presbyopen kleinen Druck in die Hand, so beginnt er damit, das Buch zu nahe ans Auge zu halten und unterscheidet nicht; er hält dann das Buch auf sehr pathognomische Weise weiter von sich ab und den Kopf weiter zurück, sucht helles Licht und — liest. Das helle Licht ist eine Hauptsache, nicht so sehr weil die Netzhautbilder dabei intensiver beleuchtet sind, als weil sich die Pupille contrahirt, die Zerstreuungskreise desshalb kleiner und die Netzhautbilder weniger verwaschen werden. Desshalb empfindet auch der Presbyope, im Beginne des Leidens gewisse Beschwerden zuerst in der Dämmerung. Das Unbehagen würde früher eingetreten sein, wenn die Abnahme des Accommodationsvermögens nicht mit einer Verkleinerung des Pupillendurchmessers Hand in Hand ginge. So ersetzt die enge Pupille dem alten Manne zum Theil den Verlust an Accommodationsvermögen; ihr verdankt er es, dass er selbst in Entfernungen, für welche er nicht mehr genau accommodiren kann, noch erträglich gut sieht. In vollem Tageslicht, in freier Luft, kann man oft selbst bei weit vorgeschrittener Presbyopie gewöhnlichen Druck lesen, und diess gelingt immer, wenn man durch eine feine Oeffnung sieht. Aber schon viel früher, selbst noch ehe die Presbyopie irgend welchen störenden Einfluss ausübt, ist die kleine Pupille von Wichtigkeit, weil beim Schreiben und Lesen die Accommodation auch dann schon etwas zu wünschen übrig lässt. Darauf wollte ich ausdrücklich die Aufmerksamkeit hinlenken. Die Thatsache ist bezeichnend, weil daraus folgt, dass bei beginnender Presbyopie Convexgläser weniger durch Unterstützung der Accommodation nützen, als durch Vergrösserung der Schärfe der Netzhautbilder. Das Auge spannt seine Accommodation schon ziemlich stark an (noch stärkere Anspannung hat keine verhältnissmässige Wirkung), ohne Hinderniss oder irgend eine Ermüdung. Von schwachen Gläsern unterstützt, behält das Auge seine Spannung fast in derselben Stärke bei. Die Folge davon ist, dass das Auge jetzt schärfer sieht; die Lettern werden schwarz, die Verwirrung hört auf, und das Individuum erfreut sich einer Schärfe des Sehens, von welcher es schon fast alle Vorstellung verloren hatte.

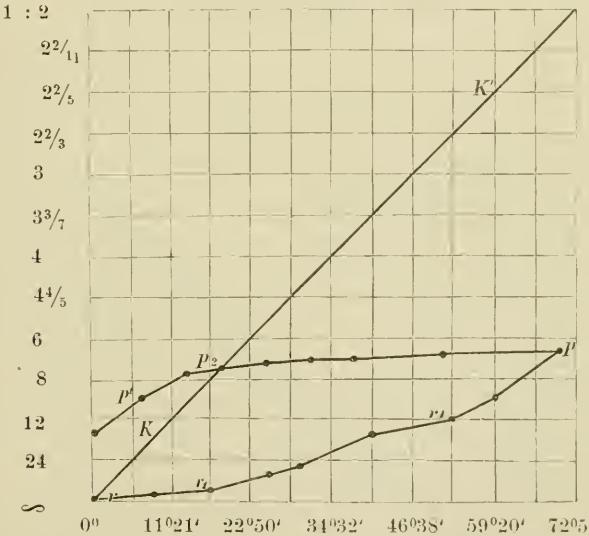
Es ist ein charakteristisches Symptom der Presbyopie, dass Convexgläser im Beginne der Anstrengung die verminderte Genauigkeit beim Sehen naher Gegenstände verbessern.

Hiervon ist, wie ich kurz angeben will, das Sehen der Hypermetropen augenscheinlich verschieden. Diese besitzen vollkommen genaues Sehen, aber nur auf Kosten einer so bedeutenden Anspannung, dass sie dieselbe auf die Dauer nicht auszuhalten vermögen, und besitzen es desshalb nur für kurze Zeit; Ermüdung des Accommodationsvermögens (Asthenopie) ist die Folge. Bei Hypermetropen unterstützen Convexgläser die Accommodation, bei Presbyopen vermehren sie im Anfang die Schärfe der Netzhautbilder.

Sobald die für die gewöhnliche Beschäftigung erforderliche Sehschärfe wegen Abnahme der Accommodation zu mangeln anfängt, sind Convexgläser angezeigt. Der Beweis liegt darin, dass

mit schwachen Gläsern von $^1/_{80}$ bis $^1/_{40}$ in derselben Entfernung, wie ohne Gläser, die Sehschärfe deutlich zunimmt. Fast allgemein besteht aber die Ansicht, dass man den Gebrauch von Brillen so lange wie möglich vermeiden solle. Aber ist es nicht thöricht, die Augen und den Geist zugleich ohne irgend welche Nothwendigkeit zu ermüden und uns dazu zu verdammen, mit vieler Mühe die Formen zu errathen, welche wir mit Brillen so bequem erkennen können? Wir haben es hier mit einem Vorurtheil zu thun, welches vielleicht in der Eitelkeit eine Stütze findet. Man hat behauptet, dass es wünschenswerth sei, die Accommodation zu üben. Im Allgemeinen ist diess auch ganz richtig. Abwechselnd in die Ferne und in die Nähe zu sehen, bald sich mit kleineren, bald mit grösseren Gegenständen zu beschäftigen, entwickelt und erhält die Functionen des Auges. Aber wir vergessen, dass wir gezwungen wären, uns um so mehr zu üben, je mehr die Jahre kommen, und dass durch diese, in erhöhtem Maasse durch die verminderte Accommodationsbreite nöthig gewordenen, Anstrengungen schon die Fähigkeit, bei mässiger Convergenz einen grossen Theil derselben in Anwendung zu bringen, erworben worden ist. Die nebenstehenden Figuren 109 von einem Manne von 34 (Dr. Doyer), 110 von einem Manne von 44 Jahren (Donders), 111 von einem 60jährigen Emmetropen, verglichen mit der (Fig. 112) von einer 15jährigen Person, bringen diess zur

Fig. 109.



Evidenz. Und ist es nicht a priori als absurd zu betrachten, mit nahezu 50 Jahren ein kräftigeres gymnastisches System zu beginnen, als zu welchem die Jugend jemals berufen war?

Sonderbar genug ist man auch in den entgegengesetzten Fehler verfallen. Man hat geglaubt, durch frühzeitigen Gebrauch von Brillen im Stande zu sein, seine Sehkraft zu conserviren, und hat dieselben desshalb unter dem Namen „Conservations-Brillen" empfohlen.

Fig. 110.

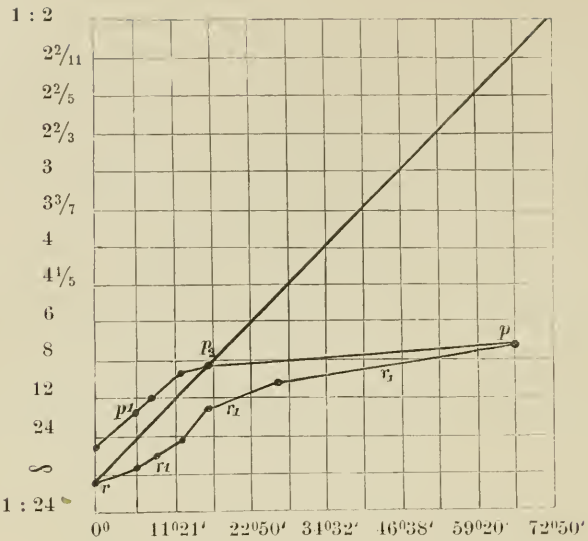


Fig. 111.

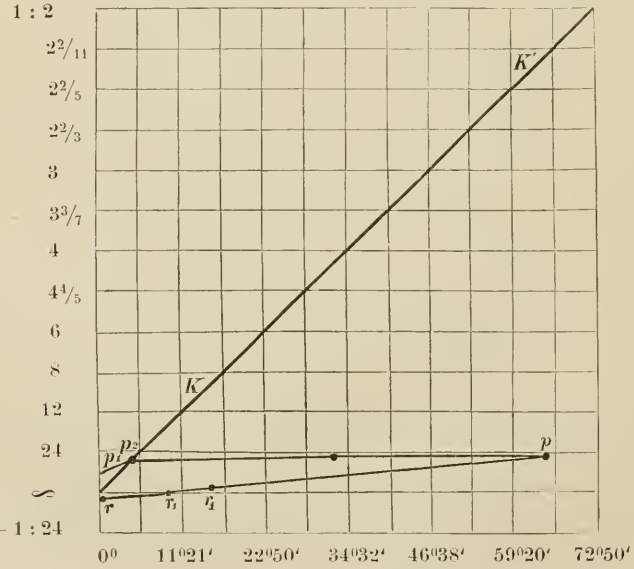
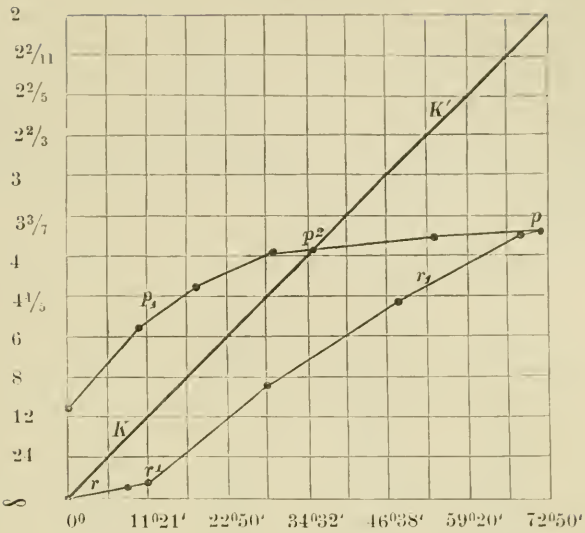


Fig. 112.



Wenn ich nicht irre, hat an dieser Empfehlung Gewinnsucht ihren Antheil. So lange das Auge nicht fehlgeht und bei der von ihm verlangten Arbeit nicht ermüdet, hat es genug eigene Kraft und braucht nicht bei Convexgläsern Hülfe zu suchen. Auch lichtblaue Brillen, die mitunter als „Conservations-Brillen" empfohlen werden, sind unter gewöhnlichen Umständen für gesunde Augen verwerflich. Viele Augen finden ihren das Licht mildernden Einfluss angenehm, und das Publikum ist desshalb gleich bereit, sie in Gebrauch zu nehmen. Da sie den gewohnten Reiz des weissen Lichtes von der Netzhaut abhalten, so vermehren sie aber ihre Empfindlichkeit über das Normale und schaffen somit das Bedürfniss, sie immer zu tragen. Eine ungewöhnlich grosse Empfindlichkeit ist aber unbequem und prädisponirt gleichzeitig zu Erkrankungen.

So leicht es ist zu entscheiden, ob der Gebrauch von Convexgläsern nöthig ist oder nicht, so schwierig ist es über den Grad der erforderlichen Convexität Regeln aufzustellen. Und doch müssen wir den Versuch machen. So lange sich kaum noch eine Störung gezeigt hat, genügen, wie bekannt, gewöhnlich Gläser von ungefähr $^1/_{60}$. Im Verhältnisse, als die Jahre zunehmen und die Accommodationsbreite abnimmt, werden ferner immer stärkere Gläser erforderlich. Es war desshalb natürlich, dass man Brillen nach dem Lebensalter, in dem sie nöthig würden, im Vorrathe hielt. Man hat diese alte Gewohnheit lächerlich gemacht, und in gewissem Grade mit Recht. Es ist wahr, dass die Augen zu verschieden sind, um das Alter allein zum Kriterium der Wahl einer Brille zu machen. Auf der andern Seite aber zeigt die schon oben (§ 17) besprochene regelmässige Abnahme der Accommodationsbreite, dass für emmetropische Augen das Alter im Allgemeinen allerdings als Richtschnur genommen werden kann.

Nur dürfen die vielen Umstände, welche die vom Alter hergenommene Indication modificiren, nicht ausser Acht gelassen werden. Ausser der Ametropie, welche hier den ersten Platz einnimmt, müssen verminderte Sehschärfe und krankhafte Störung der Accommodation genannt werden, während überdiess die Natur der zu leistenden Arbeit von einigem Einflusse ist. Diese Nebenumstände werde ich vom klinischen Standpunkte aus besprechen. Um aber praktisch vorzugehen, will ich das empirische Resultat, welche Gläser in verschiedenen Altersperioden bei Emmetropie mit normaler Sehschärfe und Accommodation zum Schreiben und Lesen gewöhnlichen Druckes erforderlich sind, vorausschicken.

a	Gläser erforderlich		*d*	*e*	
	b	*c*			
Alter	bei vorhandener E	bei ursprünglicher E	deutliche Sehweite	P_2	P_2
48	$^1/_{60}$	$^1/_{60}$	14″	60″	10″
50	$^1/_{40}$	$^1/_{40}$	14″	40″	12″
55	$^1/_{30}$	$^1/_{28}$	14″	30″	12″
58	$^1/_{22}$	$^1/_{20}$	13″	22″	12″
60	$^1/_{18}$	$^1/_{16}$	13″	18″	12″
62	$^1/_{14}$	$^1/_{12}$	13″	14″	12″
65	$^1/_{13}$	$^1/_{10}$	12″	13″	11″
70	$^1/_{10}$	$^1/_{7\cdot5}$	10″	10″	10″
75	$^1/_{9}$	$^1/_{6\cdot5}$	9″	9″	9″
78	$^1/_{8}$	$^1/_{5\cdot5}$	8″	8″	8″
80	$^1/_{7}$	$^1/_{4\cdot5}$	7″	7″	7″

Diese Tabelle bedarf vielleicht einiger Erläuterung. Spalte *b* gibt die Gläser an, wenn im Augenblick wirklich noch Emmetropie vorhanden ist: *c* für in der Jugend bestandene Emmetropie und desshalb für acquirirte Hypermetropie zur Zeit der Beobachtung; in beiden Fällen ist die dem Alter entsprechende Abnahme der Sehschärfe berücksichtigt; *d* zeigt die Entfernung an, welche mit den gewählten Gläsern vorgezogen wird; *e* endlich den Spielraum, innerhalb welches sie ein genaues Sehen zulassen, d. i. für P_2 bei der geringsten, für P_2 bei der grössten Convergenz $\left(\frac{1}{A_2} = \frac{1}{R_2} - \frac{1}{P_2}\right)$. Im Allgemeinen sollte man bedenken, dass es wünschenswerth ist, nur langsam mit den Nummern zu steigen, die ersten Brillen anfangs nur des Abends zu gebrauchen und diese zu Tagesbrillen zu nehmen, sobald für den Abend stärkere nöthig werden, und so jedesmal, wenn für den Abend stärkere Gläser erforderlich sind, die früheren Abendbrillen für den Tag zu verwenden, — endlich, dass, wenn stärkere Gläser zum Lesen nöthig sind, die schwächern oft noch zum Schreiben genügen und dann vorzuziehen sind, da sich, indem man in grösserer Entfernung sehen kann, die den Augen so nachtheilige gebückte Kopfhaltung vermeiden lässt.

Die angeführte Tabelle bezieht sich auf Emmetropen. Bei vorhandener Ametropie muss diese in Rechnung gezogen werden. Desshalb sollten wir immer und ohne Ausnahme mit der Bestimmung des Refractionszustandes und

gleichzeitig der Sehschärfe nach der oben (§ 9) angegebenen Methode beginnen. Bei hinreichender Uebung erfordert diess nur ein Paar Minuten. Das erhaltene Resultat liefert die vorläufige Indication, die dann immer der Controluntersuchung unterworfen werden muss. Ist das Auge emmetropisch, so wird die Controle durch die in der Colonne *b* angegebenen Gläser ausgeführt; wir untersuchen, in welcher Entfernung *Sn* Nro. 2 und $2^1/_2$ (Jaeger Nro. 2) leicht und mit Vorliebe gelesen werden, und bestimmen den Spielraum $\frac{1}{A_2}$, indem wir den Patienten Nro. 1 oder $1^1/_2$ so nahe wie möglich, und grösseren Druck so weit wie möglich lesen lassen. Erhalten wir nun ungefähr Resultate, die sich unter *d* und *e* der Tabelle verzeichnet finden, so werden die Gläser gewöhnlich entsprechen. Ist die Entfernung zu kurz, die Grenze für das genaue Sehen zu klein und dem Auge zu nahe, so müssen wir schwächere, und im entgegengesetzten Falle etwas stärkere Gläser versuchen.

Finden wir Hypermetropie, so muss sowohl die Hypermetropie, als die Presbyopie corrigirt werden. Nehmen wir an, wir hätten bei einem 62-jährigen Individuum $H = {}^1/_{14}$ gefunden, so sind Brillen von ${}^1/_{14} + {}^1/_{14} = {}^1/_7$ angezeigt; $H = {}^1/_{20}$ bei 55 Jahren indicirt Brillen von ${}^1/_{20} + {}^1/_{30} = {}^1/_{12}$ etc. Ebenso, wie bei Emmetropie, müssen wir aber auch in solchen Fällen noch durch Versuche zu erfahren suchen, ob die indicirten Gläser auch wirklich entsprechen. Es versteht sich, dass die hier für Hypermetropen gegebene Regel nur auf ältere Hypermetropen, d. i. auf solche anwendbar ist, welche, wenn *H* neutralisirt ist, presbyopisch sind. Grösstentheils haben wir es hier mit erworbener *H* zu thun. Indess ist die Regel auch bei angeborner *H* anwendbar, vorausgesetzt, dass das 50. Lebensjahr nahezu erreicht ist, und desshalb die Accommodationsbreite und besonders der latente Theil der Hypermetropie abgenommen hat. Wenn angeborne Hypermetropie bestand, so findet man gewöhnlich — wenigstens habe ich es so gefunden —, dass das Auge noch in vorgerückter Lebenszeit fortgefahren hat, zu schwache Gläser zu gebrauchen. Durch ein Paar Versuche finden wir dann die erforderliche Stärke. Welche Gläser jugendliche Hypermetropen unter verschiedenen Umständen nöthig haben, werde ich in dem Kapitel über Hypermetropie besprechen.

Wir haben oben (p. 180) gesehen, wie weit Presbyopie sich mit Myopie verträgt. Ist $M > {}^1/_5$, so ist Presbyopie an und für sich ausgeschlossen; bei leichten Graden von Myopie aber kommt sie im spätern Lebensalter vor. Aus der oben mitgetheilten Tabelle geht hervor, dass für Emmetropen bis ins 55. Jahr Gläser $+ {}^1/_{40}$, bis ins 60. Jahr Gläser $+ {}^1/_{22}$ etc. genügen. Besteht nun eine Myopie von ${}^1/_{40}$, von ${}^1/_{22}$ etc., so lässt sich denken, dass sich das Bedürfniss nach Convexgläsern resp. zuerst ums 55. und 60. Lebensjahr bemerkbar macht; in der That machen die für die angegebenen Altersstufen entsprechenden Gläser emmetropische Augen in den so eben angegebenen Graden myopisch. Wo die Myopie die vorgerücktere Lebenszeit nicht vollständig compensirt, da muss sie im speciellen Falle subtrahirt werden. Wenn z. B. mit 65 Jahren $M = {}^1/_{40}$ besteht, so werden wir, statt, wie bei Emmetropen Gläser ${}^1/_{13}$, Convexgläser ${}^1/_{13} - {}^1/_{40} = {}^1/_{19}$ oder ${}^1/_{20}$ entsprechend finden. Im Allgemeinen habe ich gefunden, dass Myopen Convexgläser in einer noch spätern Periode verlangen, als der Grad von Myopie hätte erwarten lassen,

und dass die für Emmetropen erforderlichen Gläser eine noch grössere Reduction zulassen, als durch den Grad der Myopie angezeigt ist. In dem gewählten Beispiele werden wir oft statt Gläser $+ {}^1/_{20}$ nur $+ {}^1/_{30}$ zu geben brauchen. Der Grund liegt darin, dass einerseits sich in vielen Personen, die als Emmetropen gelten, eine Spur latenter Hypermetropie findet, während andererseits die begrenzte Entfernung (z. B. von 20 Fuss, entsprechend einer $M = {}^1/_{240}$), für welche die Bestimmung von Myopie statt findet, dieselbe etwas zu schwach erscheinen lässt.

Wir haben nun die Umstände zu erwägen, welche sowohl in ametropischen, als in emmetropischen Augen den Grad der erforderlichen Gläser beeinflussen können. Als solche haben wir bezeichnet:

a. Eine dem Lebensalter nicht entsprechende Accommodationsbreite. Personen, welche fast den ganzen Tag mit Lesen, Schreiben und anderer feiner Arbeit beschäftigt sind, begleiten ihr Verlangen nach Brillen gewöhnlich mit der Angabe, dass ihre Augen gewiss viel gelitten, dass sie aber auch sehr viel von ihnen verlangt haben. Ich beeile mich solche Leute aufzuklären. Vergleichende Beobachtungen haben mir nämlich gezeigt, dass angestrengte Arbeit in der Nähe die Augen nicht wesentlich angreift, wenigstens wenn sie emmetropisch sind, und dass die Accommodationsbreite, wenn überhaupt, kaum merklich rascher unter solchen Umständen abnimmt, als es bei Landleuten, Seefahrern und andern der Fall ist, welche vorzugsweise ferne Gegenstände betrachten.

Allerdings nimmt die Myopie in dazu disponirten Augen durch vieles Lesen und Schreiben zu, aber diese Beschäftigungen haben keinen Einfluss auf die Accommodationsbreite. Dasselbe gilt für den häufigen Gebrauch von Mikroskopen und Lupen, wie es die Beschäftigung von Graveuren und Uhrmachern verlangt: der regelmässige Verlauf von $\frac{1}{A}$ bleibt trotz viel oder wenig Anspannung derselbe. Doch gibt es krankhafte Zustände, welche die Accommodationsbreite und zuweilen auch die Grösse der Refraction rascher als gewöhnlich herabmindern. Hier muss zuerst allgemeine Körperschwäche in Folge erschöpfender Krankheiten genannt werden, sodann vorzeitiges Altern. Von dem Einfluss des Glaukoms habe ich schon gesprochen. Muss jemand rasch und wiederholt zu stärkeren Gläsern übergehen, so liegt der Verdacht auf Glaucoma simplex nahe, und man muss die Spannung des Bulbus prüfen und nach den andern auf diess Leiden hinweisenden Symptomen forschen. Auch beginnende Katarakt scheint Presbyopie zu beschleunigen, wahrscheinlich durch rascheres Hartwerden der Linse, was ihren Formveränderungen hindernd entgegen tritt; Emmetropen klagen dann, dass sie nahe Gegenstände nicht mehr genau erkennen, was zum Theil der verminderten Sehschärfe, zum Theil der rascheren Abnahme von $\frac{1}{A}$ zuzuschreiben ist, und suchen sich dann durch Brillen zu helfen. Derjenige krankhafte Zustand jedoch, welcher besonders frühzeitig dem Sehen naher Gegenstände hindernd in den Weg tritt, ist Parese und Paralyse des Accommodationsmuskels. Doch ist hier nicht der Platz, mich weiter über diesen Gegenstand auszulassen; das letzte Kapitel dieses Werkes wird demselben gewidmet sein. Gegenwärtig mag die Bemerkung genügen, dass die gewöhnliche Accommodationsparalyse zu jeder Lebenszeit auftreten kann, besonders

aber in der Jugend, und zwar gewöhnlich plötzlich, auftritt, und dass sie ferner durch eine ziemlich weite, unbewegliche oder schwer bewegliche Pupille charakterisirt ist. Es ist desshalb kaum begreiflich, wie sie mit Presbyopie verwechselt werden konnte.

Wenn nun, aus welcher Ursache immer, $\frac{1}{A}$ in abnormer Weise vermindert ist, so sind stärkere Gläser, als bei normaler $\frac{1}{A}$ erforderlich. Diess gilt um so mehr, je früher $\frac{1}{A}$ abnimmt. Im vorgerückteren Alter jedoch hat $\frac{1}{A}$ schon, unabhängig von besondern (accidentellen) Störungen, so abgenommen, dass ihre Mitwirkung bei dem Convergenzgrade, bei welchem die Brillen genaues Sehen vermitteln, kaum von irgend einer Bedeutung ist, und dass auf keinen Fall das binoculäre Sehen bei dem Gebrauche der erforderlichen Convexbrillen einen Spielraum von nennenswerther Ausdehnung hat. Die erforderliche Stärke der Gläser ergibt sich in diesem Falle, wo wir keine Accommodation zu berücksichtigen haben, direct aus dem Refractionszustande und der Entfernung, in welcher gelesen werden soll. Um z. B. bei 12″ zu sehen (was bei erträglicher Sehschärfe genügend ist), bedarf ein Emmetrop Gläser von 12″, während ein Myop ($M = {}^1/_{24}$) Gläser von ${}^1/_{12} - {}^1/_{24} = {}^1/_{24}$ und ein Hypermetrop ($H = {}^1/_{24}$) Gläser von ${}^1/_{12} + {}^1/_{24} = {}^1/_8$ nöthig haben. Eine andere Frage ist es, ob sie gebraucht werden dürfen. Darauf lässt sich im Allgemeinen antworten, dass nur dann Beschwerden laut werden, wenn der krankhafte Zustand der Art ist, dass er anhaltendes Sehen verhindert. Bei beginnender seniler Katarakt stossen wir gewöhnlich nicht auf Schwierigkeiten. Bei Accommodationsparese ist die Anspannung der Accommodation, sobald die acute Periode des Leidens vorüber ist, sogar wünschenswerth, und diese wird in hohem Grade durch Gläser befördert, durch welche die Entfernung des deutlichen Sehens noch etwas grösser bleibt, als der Patient wünschen möchte. Bei der Behandlung des Glaukoms jedoch gebietet die Klugheit, jede Spannung der Augen zu vermeiden; und es empfiehlt sich daher, den Gebrauch von Brillen zum Lesen oder zu Arbeiten in der Nähe nur ausnahmsweise zu gestatten.

b. Verminderte Sehschärfe. Die deutliche Sehweite, welche man zu verschiedenen Lebenszeiten für nothwendig erachtet und desshalb durch Convexgläser erzwingt, steht in nahem Zusammenhange mit der Sehschärfe. Mit der Zunahme der Jahre, mit welcher die Abnahme der Sehschärfe zusammenhängt, finden wir diese Entfernung mithin geringer (vergl. die Tabelle). Wo S in krankhafter Weise abgenommen hat, können wir diess auch bei der Bestimmung der Gläser berücksichtigen; wir können die Netzhautbilder in demselben Verhältnisse grösser machen, in welchem die Sehschärfe abnimmt. Diess lässt sich einfach mittelst stärkerer Gläser erreichen. Denn diese verkürzen nicht allein die deutliche Sehweite, sondern sie vergrössern auch den Gesichtswinkel des Gegenstandes in einem stärkern Verhältniss, als die Entfernung abnimmt (p. 129). Auf diese Weise machen sie gewöhnliche Arbeiten für die Nähe noch bei verminderter Sehschärfe möglich. Doch erhebt sich auch hier wieder die Frage, ob es erlaubt ist, sich dieses Mittels zu bedienen? Wir müssen zugeben, dass seine Anwendung grosse Einschränkungen erfordert. Zunächst ist bei acuten Augenkrankheiten mit verminderter Sehschärfe jede Anstrengung

nachtheilig, und die Augen müssen, in Hoffnung auf Besserung, ausruhen. Und selbst bei chronischen Krankheiten und Gesichtsfehlern darf verminderte Sehschärfe nicht ohne weiters durch stärkere Gläser ausgeglichen werden. Im Allgemeinen ist zu bedenken, dass die Grenzen, innerhalb welcher ein Ausgleich möglich ist, durch zu grosse Annäherung rasch erreicht werden, dass der Ueberblick über die Gegenstände um so mehr abnimmt, je mehr wir uns dieser Grenze nähern, die Nothwendigkeit aber zunimmt, dieselbe Entfernung unverändert beizubehalten, hinter oder vor welcher, bei der noch durch Gläser verminderten Accommodationsbreite und der verhältnissmässig weiten Pupille, Gegenstände nicht mehr gehörig unterschieden werden können. In Folge dessen macht sich bald eine eigenthümliche Ermattung fühlbar. Ueberdiess wirkt die vorübergebeugte Kopfhaltung nachtheilig, und doch lässt sie sich, wenn die Entfernung des deutlichen Sehens sehr kurz ist, nicht gut umgehen. Sollen Accommodation und Refraction unterstützt werden, so verursachen Convexgläser selten irgend eine Beschwerde. Wo es aber an Sehschärfe fehlt, da ist es vom praktischen Standpunkte aus besser, den Beschwerden durch grössere Gegenstände, als durch grössere Netzhautbilder, indem man die Entfernung der Gegenstände über die Maassen verringert, abzuhelfen. All diess macht schliesslich die Fälle sehr selten, in welchen den von verminderter Sehschärfe herrührenden Beschwerden durch den Gebrauch stärkerer Convexgläser abgeholfen werden darf. Augenscheinlich ist das Letztere nicht rathsam bei chronischer Keratitis oder Iritis und selbst bei deutlicher Neigung zu Entzündung; bei tiefer sitzenden Congestivzuständen ist jede Anstrengung gleichfalls als gefährlich zu betrachten. Am wenigsten mit Gefahr verbunden ist ihr Gebrauch bei chronischen Hornhauttrübungen, bei einfacher Cataracta incipiens,*) bei angeborner Amblyopie aus unbekannter Ursache und

*) Wir unterscheiden zwischen primärem und secundärem Staar (Katarakt oder Linsentrübung). Der letztere entwickelt sich secundär in Folge von Krankheiten des Augengrundes (Chorioiditis, Retinitis etc.), die ihre Wirkung durch den Glaskörper hindurch bis zur Linse erstrecken. Von dem ersteren nimmt man an, dass er unabhängig und primär in der Linse entstehe. Wir dürfen eine Katarakt für secundär halten, wenn die Krankheit des Augengrundes als vorher bestehend erkannt wurde, oder wenn das Gesichtsfeld eingeschränkt ist, oder das Sehvermögen augenscheinlich mehr gelitten hat, als sich durch die Linsentrübung erklären lässt. Doch wäre man im Irrthum, alle anderen Staarformen für primär zu halten. Auch wo die eben angegebenen Kennzeichen fehlen, ist nichts destoweniger der Staar oft secundär. Ich gehe sogar so weit zu behaupten, dass in verhältnissmässig jungen Individuen eine spontane primäre Katarakt nur sehr selten vorkommt. Oft kann man gleich anfangs das Vorhandensein geringer Veränderungen im Augengrunde nachweisen, häufig findet man auch Trübungen des Glaskörpers, und nur selten fehlen die Zeichen eines congestiven Zustandes. Es ist indess nicht nöthig, dass die primäre Krankheit das Sehvermögen sehr beeinträchtigt; besonders wenn sie in dem vordern Theile der Chorioidea ihren Sitz hat, verursacht sie nur geringe oder gar keine Beschwerden. Dass aber in vielen Fällen eine gewisse Störung der Netzhautfunction damit verbunden ist, lässt sich durch Verbesserung der *S* nachweisen, die wir sehr oft bei beginnender Katarakt durch therapeutische Behandlung und sogar durch Entleerung des Kammerwassers erzielen, ohne dass die Linsentrübung (wie sehr naiv zugegeben wurde) die geringste Veränderung erleidet. Noch eine praktische Bemerkung möge hier erlaubt sein: Durch eine Art von Charlatanophobie (sit venia verbo!), welche Charlatanerie dort sieht, wo sie nicht existirt, haben viele es für ihre Pflicht erachtet, sich bei beginnender Katarakt jeder Therapie zu enthalten. Diess liegt jedoch sicher nicht im Interesse der Kranken.

endlich bei unverhältnissmässig rascher Abnahme der Sehschärfe im hohen Alter — senile Amblyopie. — Unter solchen Umständen würden wir den Gebrauch grösserer Druckschrift und im Allgemeinen Beschäftigung mit gröberer Arbeit empfehlen; wenn aber feine Arbeiten einmal nicht vermieden werden können, so sollten die Gläser so stark gewählt werden, dass der wünschenswerthe Grad von Sehschärfe ohne zu grosse Anstrengung erreicht wird. Dass wir mitunter bei sehr geringem Abstande im Interesse des binocularen Sehaktes mit den Schwierigkeiten der Convergenz zu kämpfen haben, wird sogleich deutlicher in die Augen springen.

c.) Die Natur der auszuführenden Arbeit. Hier sind zwei Dinge zu unterscheiden. Zunächst macht die Kleinheit des Gegenstandes es nöthig, dass die Arbeit nahe am Auge und desshalb mit verhältnissmässig stärkeren Gläsern vorgenommen wird. Für gewisse Arbeiten reicht selbst das jugendliche normale Auge nicht aus. Miniaturzeichnen, Graviren, Uhrmacherarbeit und gewisse anatomische Präparationen erfordern die unausgesetzte Anwendung von Lupen. Bei andern Arbeiten müssen selbst Augen mit normaler S noch für eine Entfernung von 4″ — 6″ accommodiren. Desshalb werden auch in solchen Fällen Convexgläser früher nöthig, um die andauernde Accommodation für diese Entfernung möglich zu machen. Abgesehen aber von der Kleinheit des Gegenstandes erfordert die Beschaffenheit der Arbeit zuweilen eine ganz bestimmte Entfernung. Beim Eintragen in grosse Register, beim Lesen auf der Kanzel, bei der Beschäftigung mit gewissen musikalischen Instrumenten ist es oft wünschenswerth, dass Brillen die Entfernung des deutlichen Sehens auf 1 $^1/_2$ bis 2 Fuss hinausrücken, und desshalb sind schwächere Gläser erforderlich, als zum Schreiben und besonders zum Lesen gegeben werden. Von richtigen Grundsätzen geleitet, findet man im gegebenen Falle sehr bald heraus, welche Gläser diesen Anforderungen entsprechen. Eine unüberwindliche Schwierigkeit ergibt sich allein aus verminderter S, womit wir, wie später klar werden wird, am meisten in Fällen von Myopie zu kämpfen haben.

Ich habe hiermit, wie ich glaube, die Hauptgesichtspunkte festgestellt, welche uns bei der Wahl von Brillen für Presbyopen leiten müssen. Doch mögen einige Bemerkungen über die Form dieser Hülfsgläser hier nicht am unrechten Orte sein. Im Allgemeinen sind ovale Gläser in einem Gestell mit hinter den Ohren zu befestigenden Flügeln, in einem gewissen Winkel gegen die Horizontalebene geneigt, so dass bei der Arbeit die Achsen der Brillengläser mit den Sehachsen nahezu zusammenfallen, vorzuziehen. Der Bügel (der Nasentheil) sollte eine solche Form haben; dass die Person, welche die Brille trägt, beim Blick in horizontaler Richtung über der Brille hinweg in die Ferne sehen kann, und wenn diess nur mit einiger Schwierigkeit geschehen kann, so könnten die Ringe in der obern Hälfte abgeflacht werden (pantoskopische Brillen von Smee). Manche Personen ziehen aus Gewohnheit kreisrunde Gläser

---

Zwar erscheint es auch mir vom physiologischen Standpunkt aus als eine Absurdität, an eine Aufhellung oder Verminderung der senilen Katarakt zu denken; und auch andere krankhafte Veränderungen der Linse erlauben das nur in Ausnahmsfällen. Bedenkt man aber die häufigen Complicationen, so ist eine passende Behandlung oft wünschenswerth, und diätische Vorschriften sind absolut nothwendig. Auch aus diesem Grunde darf die Erlaubniss, Convexbrillen zu gebrauchen, nur mit Vorsicht ertheilt werden.

vor, die man ohne Bedenken erlauben kann; es sind gewöhnlich alte, ruhige Leute, welche, wenn sie nach entfernten Gegenständen sehen wollen, einfach ihre Brillen abnehmen. Andere sind keineswegs damit zufrieden, über den Brillen hinweg, unbewaffneten Auges in die Ferne zu sehen. Diess sind entweder Hypermetropen, welche auch zum Sehen in die Ferne schwächere Gläser, als sie zum Lesen brauchen, benöthigen, oder es sind Leute, die gleichzeitig an Myopie und Presbyopie leiden, und die in schneller Aufeinanderfolge durch ihre Brillen zu lesen und entfernte Gegenstände zu sehen wünschen, sei es in ihrem Amte, oder als Lehrer in der Schule, oder im Theater, oder sonst wo. Solchen Leuten mag mit Gläsern à double foyer gedient sein. Einige erklären sich durch dieselben zufrieden gestellt, während andere, da gleichzeitig durch beide gekrümmten Flächen Strahlen ins Auge fallen, dieselben wieder aufgeben. Ich fand diese Art Gläser meistens sehr geeignet für presbyopische Maler, welche durch die obere Hälfte in einiger Entfernung auf Personen oder in die Natur (Landschaft) sehen, während die untere Hälfte die deutliche Sehweite des Auges für die Leinwand oder das Papier einstellt. White Cooper [1]) erzählt, dass Sir Joshua Reynolds solche Gläser zu tragen pflegte, wenn er seine unnachahmlichen Porträts malte.

Je stärker die Gläser sind, mit desto mehr Aufmerksamkeit muss ihr Abstand von einander bestimmt werden. Grosse Genauigkeit ist jedoch selten erforderlich, weder bei Presbyopie — wobei etwas mehr oder weniger Convergenz der Sehlinien wenig Einfluss auf die Accommodation hat, — noch bei ungeschmälertem Accommodationsvermögen jugendlicher Individuen, welches der binocularen Accommodationsbreite einen entsprechenden Spielraum gewährt. Es genügt desshalb für gewöhnlich, dem Optiker nur dann eine Angabe zu machen, wenn ein besonders grosser oder ein besonders kleiner Abstand der Ringe nöthig ist, und sonst den mittleren Abstand in Anwendung bringen zu lassen. Gibt man Anweisungen, so bedenke man, dass die Gläser um so näher an einander stehen müssen, je geringer der Abstand ist, für welchen die Brillen dienen sollen. Sobald aber Insufficienz der Mm. recti interni oder externi beim binocularen Sehakt das Auftreten von muskulärer Asthenopie in Aussicht stellt, ist es von Wichtigkeit, dass der gegenseitige Abstand der Gläser die Insufficienz nicht verschlimmere, sondern ihr entgegenwirke. Geringere Convergenz der Sehlinien wird aber erfordert, wenn Convexgläser einander zu nahe, oder Concavgläser zu weit von einander stehen, und vice versa. Wenn desshalb die Mm. interni insufficient sind, so sollte man Sorge tragen, dass die Achsen der Convexgläser näher an einander stehen, als die Sehlinien. Auf diese Weise können wir, wo starke Convexgläser nöthig sind, die Mm. interni bedeutend unterstützen, und die erhaltenen Bilder sind nicht merkbar schlechter, als diejenigen, welche man durch eine gleiche Wirkung vermittelst prismatischer Gläser erhält. Ob sphärische Gläser allein genügen, und wie gross ihr gegenseitiger Abstand sein muss, lässt sich am besten durch das Gestell von v. Jaeger bestimmen (vergl. p. 84).

Genügen sphärische Gläser nicht, so müsste man sie mit Prismen combiniren oder eine Tenotomie nach den von v. Graefe [2]) aufgestellten

[1]) On Near Sight etc., London, 1853, p. 201.
[2]) Archiv f. O., VIII. 2.

Indicationen vornehmen. Wenn starke Convexgläser nothwendig sind, um binoculäres Sehen für kurze Entfernung zu ermöglichen, so ist es fast immer wünschenswerth, die Mm. interni dadurch zu unterstützen, dass man die Gläser etwas näher an einander stellt. Handelt es sich um sehr kurze Entfernungen, so kann man die von Brucke*) construirten und empfohlenen Dissectionsbrillen mit convex-prismatischen Gläsern in Anwendung bringen. — Ausser den Brillen stehen zwei Arten von Lorgnetten in Gebrauch. Jene Art von Lorgnetten, deren Gläser in einer bestimmten Entfernung von einander fest stehen, wie sie gewöhnlich von Damen benutzt werden, sind sehr zweckmässig, wenn es sich darum handelt, eine kurze Zeit lang zu sehen oder etwas zu verrichten, wozu der Gebrauch beider Hände nicht erforderlich ist, da die eine durch das Halten der Lorgnette in Anspruch genommen ist. Zum dauernden Gebrauche sollten aber gleichzeitig Brillen gegeben werden. Die Gläser der Lorgnette dürfen etwas stärker sein; da sie nur auf kurze Zeit gebraucht werden, so schadet es nicht, und man hat den Vortheil, wenn es nöthig ist, auch kleinere Gegenstände zu unterscheiden. Bei den sogenannten Nasenzwickern, die vorzugsweise von Herren getragen werden, ist der Abstand der Gläser, da er von der Dicke der Nase abhängt, gewöhnlich zu klein. Daraus folgt, dass, wenn die Gläser stark sind, die Person, welche sie trägt, mit zu geringer Convergenz sieht, wenn nicht der kurze Abstand der Ringe dadurch ausgeglichen wird, dass die Achsen der Gläser auswärts von ihrem Centrum liegen.

Lesegläser, welche den Gesichtswinkel vergrössern und desshalb in manchen Fällen von Nutzen sind, geben gleichzeitig den von einem Punkte ausgehenden Strahlen eine Richtung, als wenn sie von einem entfernteren Punkte kämen. Kurzsichtige können desshalb Lesegläser nur dann benutzen, wenn sie sich dem Gegenstande mehr nähern, als der Abstand ihres Fernpunktes beträgt. Das Zurückweichen des Gegenstandes wächst mit der Entfernung zwischen Object und Glas. Sobald die Entfernung gleich der Brennweite des Glases ist, treten die Strahlen in paralleler Richtung aus, und der Gegenstand scheint sich in unendlicher Entfernung zu befinden. Emmetropen können daher unter der Voraussetzung, dass die Accommodation total unthätig ist, die Lesegläser bis so weit vom Gegenstande entfernt halten und dadurch die grösstmögliche Vergrösserung erzielen; einfache Presbyopen, welche ihre Accommodation wenig anstrengen, halten das Glas immer nahezu in dieser Entfernung, weil sie, wenn sie das Glas dem Objecte annähern, bald weniger genau sehen. In welcher Entfernung das Auge vom Glase sich befindet, ist ziemlich indifferent; nur nimmt das Gesichtsfeld mit der Entfernung des Auges ab. Wird der Abstand zwischen dem Gegenstande und dem Leseglase grösser, als die Brennweite des letztern, so fallen die Strahlen convergent ins Auge; auf diese Weise ziehen Hypermetropen, besonders presbyopische Hypermetropen, grossen Vortheil von Lesegläsern, indem sie dadurch eine starke Vergrösserung erhalten.

Bei dem Gebrauch von Lesegläsern verzichtet man gewöhnlich auf das binoculäre Sehen. Das eine Auge sieht durch, das andere neben dem Leseglase

*) Archiv f. O., V, 2, p. 180.

vorbei, am liebsten mit nahezu parallelen Sehlinien. Wegen ihrer Ungenauigkeit haben die Bilder des zweiten Auges keinen störenden Einfluss, und das Individuum ist sogar der Meinung, binocular zu sehen.

Wird keine starke Vergrösserung gefordert, so kann man auch mit beiden Augen durch ein Glas sehen, doch muss man dieses dann näher an den Gegenstand halten. Dabei wird eine geringere Convergenz der Sehlinien und damit gleichzeitig geringere Accommodationsspannung erfordert, als wenn man denselben Gegenstand ohne Intervention eines Leseglases ansieht. Der Gegenstand scheint desshalb nach den Gesetzen des stereoskopischen Sehens ferner zu liegen. Indessen ist selbst im Beginne der Presbyopie die erforderte Accommodationsspannung in Rücksicht auf die geringe Convergenz noch zu gross, so dass binoculäres Sehen durch ein und dasselbe Glas nur jungen Leuten oder älteren, die etwas myopisch sind, möglich ist. Am besten erreicht man es, selbst bei beginnender Presbyopie, wenn man das Glas zuerst nahe am Gegenstande hält und es dann allmälig von ihm entfernt. Im Allgemeinen müssen wir jedoch sagen, dass binoculäres Sehen durch ein Leseglas Presbyopen nur dann möglich wird, wenn sie ausserdem noch schwache Convexbrillen benutzen.*)

Daraus folgt, dass solche Gläser im Allgemeinen nur zum monoculären Sehen dienen. Sie können besonders zu dem Zwecke empfohlen werden, kleine Kunstgegenstände zu vergrössern. Zum Lesen ist desshalb ihr Gebrauch selten anzurathen. Sie kommen aber in Betracht, wenn verminderte S eine Vergrösserung nöthig macht, welche sich vermittelst Brillen nur für einen geringen Abstand vom Auge erreichen lässt.— Speciell zum Lesen sind breite, oben und unten abgeschnittene Gläser, besonders bicylindrische Gläser mit senkrecht auf einander stehenden Achsen, zu empfehlen, deren dioptrische Wirkung (vergl. Astigm.) nahezu gleich der sphärischer Gläser ist. Sie unterscheiden sich aber dadurch, dass sie das grösste Feld deutlichen Sehens in der, senkrecht auf die Achse der dem Auge zugewendeten Oberfläche stehenden, Richtung bieten, so dass man, wenn man beim Lesen die Oberfläche mit senkrechter Achse dem Auge zuwendet, den Vortheil hat, ein gutes Bild über ein ausgedehntes Feld in horizontaler Richtung zu erhalten.

Besondere Folgen hat man bisher von dem Gebrauche von Convexgläsern nicht beobachtet, doch ist es wahr, dass, wenn Jemand bei noch hinreichender $\frac{1}{A}$ sich ihrer zu gewöhnlichen Arbeiten regelmässig bedient — mit andern Worten sich selbst kurzsichtig macht —, die relative $\frac{1}{A}$ sich in demselben Sinne, wie bei myopischen Individuen, verändert, und dass es ihm folglich schwer fallen würde, später andauernd für die Entfernung des Convergenzpunktes zu accommodiren, obgleich die $\frac{1}{A}$ unverändert geblieben sein könnte.

---

*) Im Vorbeigehen will ich bemerken, dass Emmetropen (Myopen und Hypermetropen jedoch auch, wenn ihre Ametropie neutralisirt ist) zwei Figuren stereoskopisch durch ein Leseglas vereinigen können. Doch müssen die Figuren näher an einander liegen, als bei gewöhnlichen Stereoskopen, und da wir bei zu starker Convergenz das rechts gelegene Bild mit dem linken Auge sehen und vice versa, so müssen auch die Figuren verwechselt werden; die linke muss rechts und die rechte links liegen, wenn man nicht pseudoskopisch sehen will.

Aus diesem Grunde habe ich mich auch gegen die sogenannten Conservationsbrillen, d. i. gegen den vorzeitigen Gebrauch von Convexgläsern ausgesprochen. Sie werden dann bald zur Nothwendigkeit und beschleunigen bei Emmetropen die Schwierigkeit, in der Entfernung des Convergenzpunktes deutlich zu sehen. Selbst nach einem einmaligen Versuche kann man diess beobachten, doch verschwindet es da natürlich bald wieder. Bei der Benützung optischer Instrumente mit einem Auge stellen wir allgemein als Regel auf, dass das Auge, um Nachtheile zu vermeiden, sich für seinen Fernpunkt einstellen, d. h. seine Accommodation möglichst entspannen soll. Ich habe mich seit vielen Jahren beim Gebrauche des Mikroskops und von Lupen daran gewöhnt. Indessen verursacht die Vorstellung von der Nähe des Gegenstandes leicht eine geringe Convergenz. Wenn ich daher mit Vermeidung jeglicher Accommodationsspannung längere Zeit mikroskopire, so fühle ich beim Aufhören eine gewisse Schwierigkeit, für den Convergenzpunkt zu accommodiren. Diese Schwierigkeit dauert um so länger, je länger ich bei einer gewissen Convergenz mein Accommodationsvermögen möglichst entspannt hatte. Ich kann desshalb Emmetropen nicht empfehlen, beim Mikroskopiren ihre Accommodation vollständig zu entspannen, um so weniger, weil es ihnen dann bald schwer werden wird, sich zu Messungen der Methode à double vue zu bedienen, welche sich in so mannigfacher Hinsicht empfiehlt.

Wesentliche Nachtheile für das Sehen, wie so oft in übertriebener Weise prophezeiht wird, habe ich selbst durch unzweckmässigen Gebrauch von Convexgläsern nie entstehen sehen, während im Gegentheil (s. Kap. VII) ein unüberlegter Gebrauch von Concavgläsern sehr gefährlich werden kann.

Ich werde nun auch die über den Gebrauch von Convexgläsern aufgestellten Regeln durch einige der Praxis entnommene Beispiele erläutern.

1. Beginnende einfache Presbyopie. — D., Buchhalter, 48 J. a., bittet um Brillen, weil er seit einiger Zeit Abends kleine Schrift mit immer grösserer Schwierigkeit erkennt und sich mitunter in den Zeichen irrt. Im Uebrigen ermüdet ihn seine Arbeit nicht. Er hat $S = {}^{20}/_{20}$ (d. h. er sieht Snellen XX in 20′ Entfernung), ist Emmetrop (sieht Sn. XX bei 20′, weniger gut mit ${}^{1}/_{60}$ oder — ${}^{1}/_{60}$) und liest bei Tageslicht Sn. I^{l} leichter bei 16″, als bei 10″. Wir verordnen ihm Gläser von ${}^{1}/_{60}$, die ihm gestatten, zwischen 7″ und 5′ deutlich zu sehen, zum Gebrauche am Abend, unter Tags auch bei trübem Wetter, und in der Folge, wenn er Beschwerden empfindet, für beständig. Wenn das Bedürfniss constant geworden sein wird, ist die Zeit gekommen, die Frage ins Auge zu fassen, ob die Gläser für den Abend verstärkt werden sollen. — Nach einigen Wochen gibt er an, dass er die Brillen des Abends nicht mehr entbehren kann, was wir ihm gerne glauben.

2. Presbyopie mittleren Grades, mit dem Wunsche in grösserer, als der gewöhnlichen Entfernung zu sehen. — R., 58 J. a., ist emmetropisch, hat $S = {}^{17}/_{20}$ und trägt Brillen ${}^{1}/_{16}$, welche ihm beim Lesen einen binocularen Spielraum von 11″ bis 16″ gestatten. Mit diesen Brillen sieht er gut, wenn er das Buch in der Hand hält; seine eigene Schrift, die in seinen Vorlesungen in 20″ Entfernung liegt, kann er nicht recht erkennen, und seine Zuhörer erscheinen ihm, wie im Nebel. Er erhält periskopische Gläser ${}^{1}/_{24}$ mit oben abgestutzten Ringen, die all seinen Anforderungen entsprechen. Er kann dieselben Gläser zum Schreiben und zum gewöhnlichen Lesen bei Tage verwenden. Um Abends kleinen Druck zu lesen, werden ihm seine Brillen ${}^{1}/_{16}$ belassen.

3. Presbyopie höheren Grades, combinirt mit Hypermetropia acquisita und herabgesetzter Sehschärfe. — L., 73 J. a., hat $H = {}^{1}/_{36}$,

$S = {}^{11}/_{20}$, liest gerne („das Einzige, was ihm übrig geblieben ist"), doch geht es mit seinen Brillen, besonders am Abend, nicht recht, da er bald müde wird. Er trägt Gläser $1/_{10}$, die ihm P_2 beinahe $= R_2 = 13''$ machen. Er erhält Gläser $1/_7$, sieht mit ihnen in 9″ und ist ganz zufrieden, doch empfiehlt man ihm grossen Druck. Mit dem Augenspiegel sieht man in der Linse bei nach abwärts gerichteten Augen Spuren einer strahlenförmigen Trübung, die jedoch nicht die Ursache der verminderten Sehschärfe sind. Ich stehe weder an, ihm den freien Gebrauch der Brillen zu erlauben, noch werde ich Bedenken tragen, ihm stärkere Gläser zu verordnen, sobald ihm dieselben bei weiter abnehmender Sehschärfe und wachsender Hypermetropie angenehmer sein werden.

4. Beginnende Presbyopie mit Myopie. — Prof. S. konnte mit 56 Jahren die Vortrefflichkeit seiner Augen nicht genug loben. „Ich sehe ausgezeichnet in die Ferne, und lese, schreibe und zeichne selbst am Abend ohne alle Beschwerden".— Mit 62 Jahren erklärt Prof. S.: „Ich sehe für gewöhnlich noch sehr gut, aber zuweilen wird mir Abends das Arbeiten lästig. Sollte ich auch Brillen tragen müssen?" Er liest *Sn. I'* am liebsten bei 14″, entziffert es noch bei 18″ und hat desshalb etwa $S = \frac{1{\cdot}5}{1{\cdot}5}$; dagegen hat er beim Sehen in die Ferne ohne Brillen nur ${}^{16}/_{30}$ und mit — $1/_{40}$ zu seinem Erstaunen ${}^{18}/_{20}$. „Bin ich denn wirklich kurzsichtig?" — Er erhält Brillen $1/_{60}$, mit der Anweisung sie Abends zu gebrauchen. „Diese Gläser vergrössern, und in mässiger Entfernung, z. B. in 2′, sehe ich mit der Brille durchaus nicht so gut, wie ohne Gläser." Ich antworte: „Das ist unvermeidlich. Mit 60 Jahren kann man mit keiner Brille in der Welt zugleich entfernte und nahe Gegenstände gut sehen, aber setzen Sie die Brille etwas niedriger, dass Sie nach Gefallen über sie hinweg sehen können, oder nehmen Sie eine Brille mit oben abgestutzten Ringen." —

5. Leichte Hypermetropie, die schon vor dem gewöhnlichen Alter Convexgläser nöthig macht. — Mad. v. L. klagt: „Ich habe viel gearbeitet und meine Augen verdorben. Ich bin erst 36 Jahre alt und kann Abends nichts mehr sehen." „Nicht mehr lesen?" „O ja, aber feine Arbeiten kann ich gar nicht mehr machen, und auch das Lesen strengt mich an. Ich bekomme schreckliche nervöse Kopfschmerzen, gegen welche mir mein Hausarzt und auch Dr. K., der Homöopath, alles Mögliche umsonst verordnet haben." Sie hat $S = {}^{20}/_{20}$, mit $1/_{36}$ noch bequemer $S = {}^{20}/_{20}$ und desshalb $H = 1/_{36}$. Sie wird daher grossen Vortheil von Brillen $1/_{36}$ haben. „Muss ich also Brillen tragen?" „Es ist wünschenswerth, und, wenn Sie von Ihren nervösen Kopfschmerzen befreit sein wollen, sogar nothwendig, dass Sie dieselben auch bei Tage tragen. Falls Sie aber durch den Gebrauch der Brillen, wenn Sie allein sind, die Ermüdung vermeiden, so werden Sie in Gesellschaft dann und wann mit Unterbrechung ohne Brillen arbeiten können." „Habe ich meine Augen nicht verdorben?" „Nicht im Geringsten; vielmehr ist die Form Ihrer Augen die Ursache, dass Sie in einem verhältnissmässig frühen Alter Brillen tragen müssen. Vielleicht haben andere Glieder Ihrer Familie dasselbe Leiden?" „Es ist möglich, aber ich habe immer so gute Augen gehabt und kann so weit sehen. Kann ich nichts thun, sie zu stärken?" „Die Hauptsache ist, öfter auszuruhen. Kühlen Sie die Augen von Zeit zu Zeit, indem Sie etwas Eau de Cologne an die Stirne (über den Augenbrauen) einreiben, aber lassen Sie nichts in die Augen kommen, und geben Sie Acht, die Brillen werden Ihr Kopfweh kuriren."

6. Presbyopie mit Myopie; wünscht in grösserem, als dem gewöhnlichen Abstande zu lesen. — Mad. U., 65 J. a., kann am hellen Tage guten Druck noch bequem lesen. Ich vermuthe Myopie und finde sie $= 1/_{32}$, $S = {}^{18}/_{20}$. Sie trägt Convexbrillen $1/_{24}$, doch wird sie dadurch ermüdet, und die Buchstaben erscheinen nicht schwarz. Zu gleicher Zeit ist $R_2 = 13''$, P_2 nicht viel kleiner. Etwas überrascht von ihren Angaben, bitte ich sie, das Buch zu halten, wie sie es gewöhnt ist. Sie legt es flach auf den Tisch, hält sich ganz aufrecht auf ihrem Sessel und ist so mit ihren Augen 16″ von dem Buche entfernt. Augenscheinlich sind die Brillen für solche Verwendung zu stark. Sie brauchte $1/_{36}$, die ihr einen Spielraum zwischen 15″ und 17″ geben. Für sehr kleinen Druck würde sie gut thun, das stärkere Glas zu nehmen. „Ich lese nie kleinen Druck", war die Antwort.

7. Rasch abnehmende Accommodationsbreite mit beginnender Katarakt. — Herr B., 45 J. a. Sein Sehen ist seit einiger Zeit weniger scharf, als früher, besonders für nahe Gegenstände; und er hat desshalb bei der Arbeit auch

schon einmal Brillen zu Hülfe genommen. Ich vermuthe leichte Hypermetropie. Es ergibt sich indessen, dass die Augen emmetropisch, mit $S = {}^{11}/_{20}$, sind. Ohne Brillen kann er selbst *Sn. III* nicht lesen, wozu bei vollkommener Accommodation für eine Entfernung von 1' schon $S = {}^{1}/_{3}$ hinreichen würde. Das Accommodationsvermögen ist desshalb sehr gering. Augenspiegel und seitliche Beleuchtung lassen speichenförmige Trübungen der Linse, besonders nach unten, mit ausserordentlich feinkörniger Trübung erkennen. Dadurch ist die Abnahme von S und $\frac{1}{A}$ erklärt. Die Papilla nervi optici ist röther (capilläre Hyperämie), als gewöhnlich in diesem Lebensalter; der Augengrund sonst normal. Mit ${}^{1}/_{20}$ wird *Sn. III* bequem in 13" gelesen; r_2 liegt zu gleicher Zeit etwa in 18", p_2 in 10". Er darf von seiner Brille nur mässigen Gebrauch machen, muss seitlich einfallendes Licht vermeiden, sich vor gebeugter Kopfhaltung hüten und desshalb an einem schrägen Pult schreiben, muss die Füsse warm halten, alles vermeiden, was eine Congestion gegen den Kopf verursachen kann, die Augen öfter mit kaltem Wasser abkühlen, häufig eine alkoholische Flüssigkeit an die Stirne einreiben und sich nach 6 Monaten oder, wenn irgend etwas Besonderes eintreten sollte, auch früher wieder vorstellen. Ich sage ihm nichts von der Linsentrübung; wohl aber: „seine Augen befinden sich in einem Congestiv-Zustande."

8. Rasch wachsende Presbyopie, combinirt mit Hypermetropia acquisita und Glaucoma simplex. — Mad. K. sah bis zu ihrem 47. Jahre vollkommen gut. Im 48. Jahre fing sie an, Abends bei feinen Arbeiten schwache Brillen zu tragen. Diese entsprachen bis zum 52. Jahre, dann nahm sie stärkere Gläser, jetzt aber geht sie zu immer stärkeren über und kann auch mit diesen nicht ohne Schwierigkeit sehen. Sie klagt über Müdigkeit und ein Gefühl von Druck. Gegenwärtig trägt sie ${}^{1}/_{12}$ und sieht damit bei 14", näher nicht. Dieser grosse Abstand erklärt sich durch $H = {}^{1}/_{36}$, welche in Anbetracht dessen, dass sie mit 47 Jahren noch genau sehen konnte, als erworben zu betrachten ist. Auf jeden Fall erscheint $\frac{1}{A}$ sehr beschränkt. Indess ist $S = {}^{21}/_{20}$, also sehr befriedigend. Beim Betasten fühlt sich der Augapfel hart an (rechts T_1, links T_2 nach Bowman). Diess deutet auf Glaucoma simplex. Mit dem Augenspiegel erkennen wir beginnende Excavation des Sehnerven und bei leichtem Druck mit dem kleinen Finger Arterienpuls. Gesichtsfeldbeschränkung ist nicht vorhanden, doch zählt sie bei schwacher Beleuchtung in der innern Hälfte des Gesichtsfeldes die Finger weniger sicher. Iris, Grösse und Beweglichkeit der Pupille, die Tiefe der vordern Augenkammer und die Empfindlichkeit des Organs sind noch normal. Farbige Ringe um Kerzenflammen fehlen, die subconjunctivalen Venen sind vielleicht etwas erweitert. Ich spreche ernstlich mit ihr: „Ich finde den Beginn eines gefährlichen Leidens, das sich bald langsam, bald rasch entwickelt. Doch kann die Kunst dem vorbeugen, dafür kann ich stehen. Ich erwarte, Sie in einem Monat wieder zu sehen. Wird das Auge aber roth, oder treten Schmerzen auf, so kommen Sie augenblicklich, selbst wenn Sie sich unwohl fühlen, denn wenn Sie es vernachlässigen, aber nur dann, kann unrettbare Blindheit daraus entstehen. Ich werde Ihnen einige Zeilen an Ihren Arzt mitgeben. Unterdess müssen Sie Ihre Augen schonen. Das Lesen verbiete ich nicht durchaus, aber wählen Sie grossen Druck und setzen Sie oft aus, augenblicklich aber, sobald Sie die geringste Beschwerde fühlen." Diese Worte sind die Einleitung zu dem Vorschlage einer Iridectomie, den sie bei der nächsten Visite zu erwarten hat. Die Humanität verlangt dringend, dass Vorurtheil und Unwissenheit sich der Anwendung der Iridectomie bei Glaukom nicht länger widersetzen.

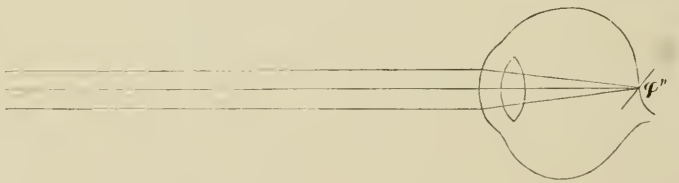
SECHSTES KAPITEL.

Hypermetropie. *H.*

§ 19. Dioptrische Definition der verschiedenen Grade und Formen von Hypermetropie.

Das dioptrische System des emmetropischen Auges hat, wie wir gesehen haben, im Zustande der Accommodationsruhe seinen Brennpunkt in der Stäbchen- und Zapfenschichte der Netzhaut; parallele, von unendlich entfernten Gegenständen ausgehende Strahlen vereinigen sich, nach ihrer Brechung durch die Medien eines solchen Auges, in einem Brennpunkte auf der Netzhaut (Fig. 113, φ''). Der Fernpunkt r liegt desshalb in unendlicher Entfernung, d. h. an der Grenze unseres Bedürfnisses.

Fig. 113.



Von diesem idealen Zustande kann das Auge in doppelter Hinsicht abweichen und ametropisch werden. Der Brennpunkt des dioptrischen Systems kann vor oder hinter der Zapfen- und Stäbchenschichte liegen. Im ersteren Falle ist das Auge myopisch (Fig. 114), im letzteren Falle hypermetropisch (Fig. 115).

Myopie ist ein Zustand, welcher schon lange erkannt und vielfach studirt ist. Die Hypermetropie dagegen wurde, so häufig sie auch vorkommt, bis in die neueste Zeit fast ganz übersehen (obgleich sie schon von Janin und Ware erwähnt wird), oder doch hinsichtlich ihrer eigentlichen Natur und ihrer Folgen nicht richtig erkannt. Einmal entdeckt und verstanden enthüllte sie jedoch rasch alle ihre Geheimnisse und lieferte uns so den Schlüssel zu einer Anzahl von Erscheinungen, deren Ursache bis dahin räthselhaft geblieben war;

so wurde die Quelle der Asthenopie und des Strabismus convergens in dieser Anomalie aufgefunden. Hier in diesem Paragraphen haben wir zunächst vom dioptrischen Gesichtspunkte aus über sie zu verhandeln. Auch wurde die Defini-

Fig. 114.

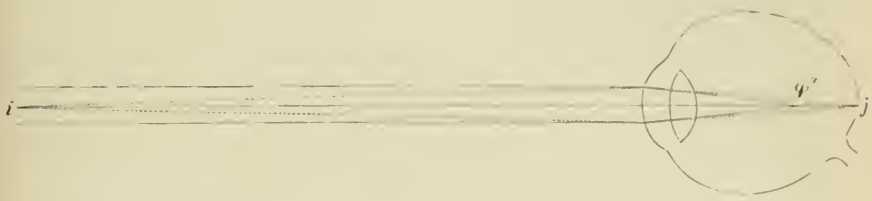
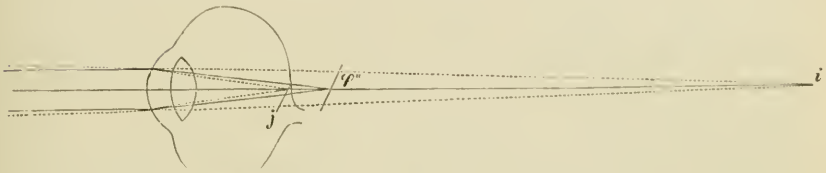


Fig. 115.



tion von Hypermetropie von diesem Gesichtspunkte aus schon gegeben; sie ist ferner in Fig. 115 enthalten. Parallele Strahlen vereinigen sich nicht innerhalb der Netzhaut, sondern in φ'', d. h. hinter der Netzhaut. Strahlen, die sich innerhalb der Netzhaut, z. B. in j', vereinigen sollen, müssen schon in convergenter Richtung auf die Hornhaut fallen, wie die punktirten Linien in Fig. 115, die nach i convergiren. Der Punkt, welcher sein Bild in der Netzhaut hat, ist desshalb kein reeller Punkt, sondern ein ideeller oder virtueller, hinter der Netzhaut (z. B. in i) gelegener Punkt. Solche Punkte sehen wir in der Natur nicht.*) Von jedem Punkte eines Gegenstandes gehen die Strahlen immer in divergirender oder höchstens (nämlich wenn der Gegenstand in unendlicher Entfernung liegt) in paralleler, niemals aber in convergirender Richtung aus. Das Auge braucht desshalb gar nicht die Befähigung zu besitzen, sich für convergirende Strahlen zu accommodiren. Alle Erfordernisse sind erfüllt, wenn es in mässigem Grade divergirende Strahlen auf der Netzhaut in einem Brennpunkt vereinigen und sich zugleich durch Entspannung der Accommodation für parallele Strahlen einstellen kann.

*) Convergente Strahlen können nur dann auf unser Auge fallen, wenn sich brechende Oberflächen, z. B. die einer Linse, zwischen dem Punkte und dem Auge befinden. Ausserdem nehmen die vom Grunde eines myopischen oder für eine endliche Entfernung accommodirten Auges ausgehenden Strahlen eine convergirende Richtung an, sobald sie das Auge verlassen. Desshalb können Hypermetropen den Augengrund myopischer Individuen scharf sehen, und müssen sich Emmetropen zu demselben Zwecke mit Hülfe von Concavgläsern hypermetropisch machen.

Wenn es im Stande ist noch weiter zu gehen, so überschreitet es das Maass und ist hypermetropisch. Es besitzt dann auf der einen Seite etwas ganz Nutzloses und hat dafür auf der andern Seite an Brauchbarkeit verloren. Um entfernte Gegenstände zu sehen, muss es schon activ accommodiren, und steht bei gleicher Accommodationsbreite dem emmetropischen Auge in der Fähigkeit nach, Strahlen auf der Netzhaut in einem Brennpunkt zu vereinigen.

Der Grad der Hypermetropie lässt sich leicht ausdrücken. Derselbe ist gleich der Grösse, um welche das entspannte Auge das Maass zu überschreiten vermag, und diese wird durch das stärkste positive Glas gefunden, durch welches unendlich entfernte Gegenstände noch deutlich gesehen werden können. Beträgt diess Glas $^1/_{20}$, $^1/_{10}$, $^1/_5$, so ist auch $H = {}^1/_{20}$, $^1/_{10}$, $^1/_5$ oder genauer $= {}^1/_{19}$, $^1/_9$, $^1/_7$, wenn das Glas 1″ von dem Knotenpunkt des Auges entfernt war.

Die Hypermetropie lässt sich in erworbene und angeborene eintheilen. Von der erworbenen haben wir schon (§ 17) gesprochen, so weit sie sich durch senile Veränderungen im emmetropischen Auge entwickelt. Da sie in dem letzteren nach dem 50. Jahre ihren Anfang nimmt, so muss auch die angeborene Hypermetropie von diesem Zeitpunkte an allmälig zunehmen; doch geschieht diess in demselben langsamen Maasse, wie im emmetropischen Auge. Wir müssen hier bei der erworbenen Hypermetropie auch der Aphakie vorläufig Erwähnung thun, nämlich jenes Zustandes, in welchem die Linse aus dem Auge oder doch aus der Pupillarebene verschwunden ist. Dass bei normaler Form des Auges mit diesem Zustande ein hoher Grad von Hypermetropie verbunden sein muss, bedarf keines Beweises. Ich werde diesem Gegenstande einen besondern Paragraphen dieses Kapitels widmen.

Die angeborene Hypermetropie theilen wir in manifeste (*Hm*) und latente (*Hl*) ein. Bei meinen ersten Untersuchungen über Hypermetropie fand ich Schwierigkeiten, den Grad dieser Anomalie genau zu bestimmen. Ein solches Auge wies mitunter anfangs jedes Glas stärker als $^1/_{12}$ zurück, während es bald darauf Gläsern von $^1/_8$ den Vorzug gab und schliesslich wieder $^1/_{10}$ oder $^1/_{14}$ wählte. Ich nahm an, dass hypermetropische Augen, indem sie, um in die Ferne zu sehen, für gewöhnlich gezwungen sind, ihr Accommodationsvermögen anzuspannen, die Spannung des Accommodationsmuskels mitunter unwillkührlich selbst dann in einem gewissen Grade festhalten, wenn die geeigneten Gläser diess nicht nur überflüssig, sondern für's genaue Sehen nicht einmal wünschenswerth machen. Ich bestimmte desshalb den Grad der Hypermetropie aus den stärksten Gläsern, mit welchen das Auge bei den verschiedenen Versuchen noch deutlich in die Ferne gesehen hatte, und setzte dabei voraus, dass diese die Hypermetropie vollkommen neutralisirten. Als ich aber fand, dass denselben Personen mitunter kurz darauf noch stärkere Gläser passten, so erkannte ich meinen Irrthum und sah ein, dass die zuerst gegebenen Gläser die Hypermetropie nicht vollkommen neutralisirt hatten, sondern dass bei ihrem Gebrauch die Accommodation bis zu einem gewissen Grade noch in Thätigkeit gewesen war. Diess veranlasste mich zu untersuchen, wie der Refractionszustand solcher hypermetropischer Augen beschaffen sein würde, wenn ihr Accommodationsvermögen durch Einträufeln einer Lösung von schwefelsaurem Atropin gelähmt worden wäre; und zu meiner Ueberraschung ergab sich, dass bei den Versuchen mit Gläsern nicht selten der grössere Theil der Hyper-

metropie unterdrückt worden war. Bei leicht myopischen und ebenso bei wirklich emmetropischen Augen dagegen bleibt R in der Atropin-Mydriasis nahezu unverändert: das Accommodationsvermögen wird, wenn solche Augen für r eingestellt sind, in der That fast ganz entspannt; höchstens $^1/_{40}$ bleibt in Wirksamkeit. Augenscheinlich ist es desshalb eine Eigenthümlichkeit der Hypermetropie, dass Accommodationsspannung mit dem Schakt associirt ist, und auf diese Weise die Hypermetropie zum Theil verdeckt wird. Daraus geht nun hervor, dass in der Hypermetropie häufig ein manifester und ein latenter Theil unterschieden werden muss. Zugleich schien es mir aber wahrscheinlich, dass bei jugendkräftiger Accommodation leichte Grade von Hypermetropie ganz unterdrückt werden möchten, und diess bestätigte mir die Erfahrung, indem da, wo Hypermetropie mit einigem Grund vermuthet wurde, wie bei Asthenopie und Strabismus, ohne dass sie unmittelbar nachgewiesen werden konnte, bei Atropin-Paralyse in der That fast immer ein nicht unbeträchtlicher Grad auftrat.

Aus alle dem folgt, dass Hypermetropie ganz latent, $= Hl$, sein kann, und dass, wo sie in der manifesten Form, als Hm, vorkommt, das Vorhandensein eines latenten Theiles Hl vorausgesetzt werden darf. Desshalb ist $H = Hm + Hl$, und wenn $Hm = o$, so ist $Hl = H$. Es fragt sich nun, ob es auch möglich ist, dass $Hl = o$, und H desshalb ganz manifest, $H = Hm$, sei? Diess ist wirklich der Fall, wenn das Accommodationsvermögen im vorgerückten Alter, oder durch Paralyse ganz aufgehoben wird. Aber auch schon während der allmäligen Abnahme von $\frac{1}{A}$ muss Hm im Verhältniss zu Hl wachsen, und die Erfahrung zeigt wirklich, dass schon im 40. Jahre Hl im Vergleich zu Hm sehr klein ist, und dass man sie im 55. Jahre ganz vernachlässigen darf. Daraus folgt, dass eine ursprünglich latente Hypermetropie allmälig immer mehr und schliesslich, gerade wie die höheren Grade, gänzlich manifest wird. Ich habe bei zehn- und zwölfjährigen Kindern Fälle von Hl gesehen, wo sich bei Atropin-Paralyse eine $H = {}^1/_6$ herausstellte; andere, in denen an die Stelle einer $Hm = {}^1/_{16}$ oder ${}^1/_{20}$ eine $H = {}^1/_5$ trat. Mit 20 Jahren werden ungefähr die Hälfte, mit 40 mehr als drei Viertel der totalen manifest, und mit 70 Jahren haben wir nur Hm zu erwarten, und zwar in einem noch höheren Grade, als ursprünglich vorhanden war, weil (vergl. Fig. 118) wegen der Abnahme der Refraction mit dem Alter die erworbene Hypermetropie noch hinzutritt.

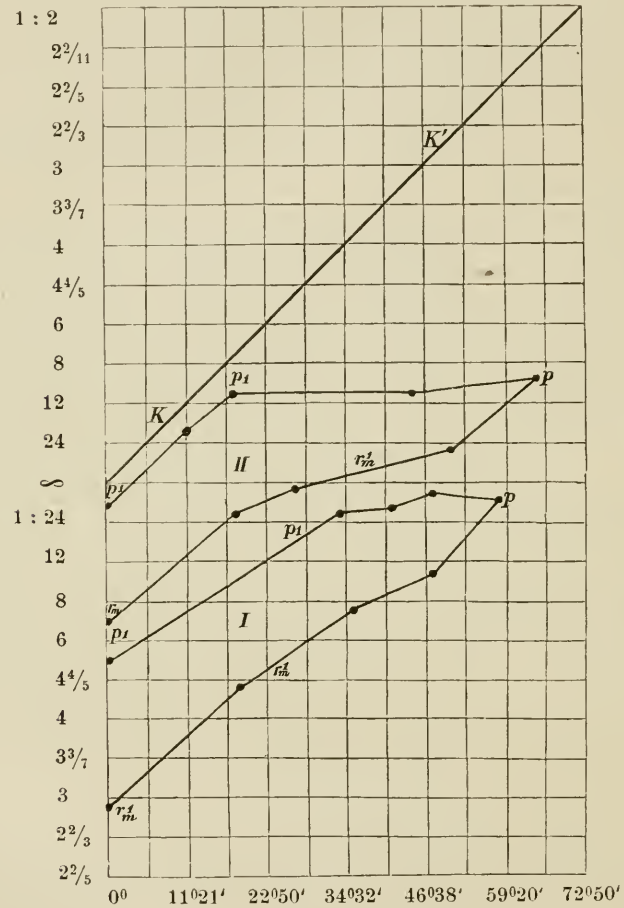
Die manifeste Hypermetropie wird ferner in absolute, relative und facultative Hypermetropie eingetheilt.

Absolute Hypermetropie besteht, wenn selbst bei der stärksten Convergenz der Gesichtslinien die Augen nicht für parallele oder divergirende Strahlen accommodirt werden können (vergl. Fig. 116, *I*). Die Figur führt uns das Accommodationsbereich des Dr. de Haas*), eines der stärksten Hypermetropen, die ich angetroffen habe, vor. Wir sehen, dass seine Hm beinahe genau $^1/_3$ beträgt, und trotzdem kann Dr. de Haas seine Augen fast noch für parallele

*) Verfasser der Inaugural-Dissertation: Geschiedkundig onderzoek omtrent de Hypermetropie en hare gevolgen. Utrecht, 1862.

Strahlen accommodiren. In der That besitzt er denn auch die für sein Alter sehr beträchtliche Accommodationsbreite von nahezu $^1/_3$, und wir können mit Bestimmtheit annehmen, dass seine Hm einige Jahre früher, als seine $\frac{1}{A}$ noch grösser war, noch nicht absolut war. Daraus geht hervor, dass die absolute Hm in der Jugend selten vorkommt.

Fig. 116.

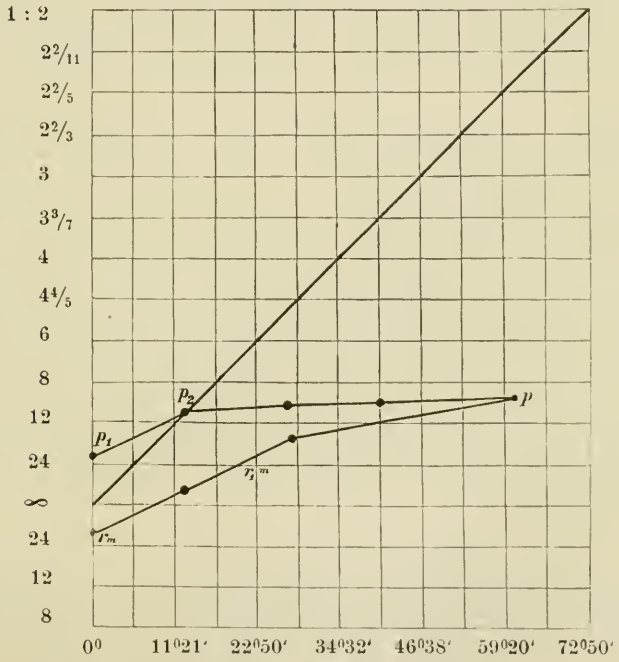


Die relative Hm ist jedoch auch in diesem Alter ziemlich häufig. Fig. 116, *II*, stellt einen solchen Fall bei einem 17-jähr. Mädchen dar. Der manifeste Fernpunkt r_m liegt ungefähr 7″ hinter dem Auge, der absolute Nahpunkt p liegt 10″ vor dem Auge, so dass, von r_m an gerechnet, $\frac{1}{A} = \frac{1}{4{\cdot}12}$ ist, und doch schneidet die Linie $p_1\ p_1\ p$ die Convergenzlinie $K\ K'$ nirgends. Diess junge Mädchen kann für einen reellen Punkt i accommodiren, aber nur unter

der Bedingung, dass die Sehlinien nach einem Punkt convergiren, der näher, als i, am Auge liegt. Die Hypermetropie ist desshalb nicht an und für sich absolut, es besteht aber H relativ zur Convergenz. Um z. B. in einer Entfernung von 16″ deutlich zu sehen, ist eine Convergenz nach 12″, d. i. unter einem Winkel von 11° 21′ erforderlich. Doch macht das Mädchen davon keinen Gebrauch, selbst dann nicht, wenn das eine Auge verdeckt wird. In Folge dessen sieht es niemals, selbst mit einem Auge nicht, scharf, ausser mit Hülfe von Brillen, hat aber vielleicht in seinem 10. oder 12. Jahre, als $\frac{1}{A}$ noch grösser war, selbst binocular scharf gesehen. Wird $\frac{1}{A}$ im Verlauf der Jahre auf $^1/_7$ reducirt sein, so wird diese relative *Hm* in die absolute Form übergegangen sein.

Facultative *Hm* besteht, wenn unendlich entfernte Gegenstände sowohl mit, als ohne Convexgläser deutlich gesehen werden. Ein Fall dieser Art ist in Fig. 117 dargestellt. Es handelt sich um einen Mann

Fig. 117.

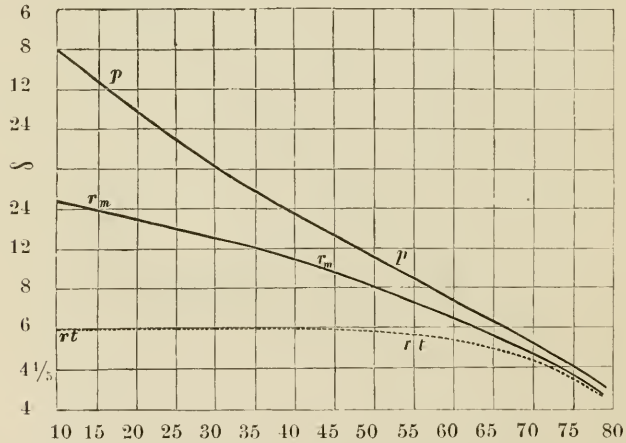


von 28 Jahren, dessen r_m in 30″ hinter dem Auge, und dessen p_1 bei parallelen Gesichtslinien 20″ vor dem Auge liegt; er sieht sowohl mit Gläsern von $^1/_{30}$, als von $-\ ^1/_{20}$ deutlich in die Ferne. Seine relative Accommodationsbreite beträgt daher bei parallelen Gesichtslinien $^1/_{20} + ^1/_{30} = ^1/_{12}$. Für eine Entfernung von 10·5 kann er noch kurze Zeit binocular sehen. Noch vor

seinem 38. Jahre wird an die Stelle dieser facultativen *Hm* relative und ums 45. Jahr herum absolute *Hm* getreten sein. Endigt doch selbst das ursprünglich emmetropische Auge damit, dass es absolut hypermetropisch wird!

Die eben aufgestellte Eintheilung ist in jeder Hinsicht gerechtfertigt. Das unterscheidende Merkmal der Hypermetropie ist: Lage des Brennpunktes φ'' hinter der Netzhaut bei Accommodationsruhe. Bleibt nun selbst bei der kräftigsten Accommodationsanspannung φ'' hinter der Netzhaut liegen, so ist *Hm* absolut; kann φ'' nur bei Convergenz der Gesichtslinien die Netzhaut erreichen, so ist *Hm* relativ; und sie ist facultativ, wenn φ'' auch bei parallelen Gesichtslinien in die Netzhaut gerückt werden kann. Die Definitionen geben genaue Grenzen. Auch in Bezug auf das Sehen hat die Eintheilung ihre Wichtigkeit, denn bei absoluter *Hm* kann das Sehen niemals, bei relativer *Hm* kann nur das monoculäre Sehen (und auch diess nur ausnahmsweise), bei facultativer *Hm* dagegen kann auch das binoculäre Sehen scharf sein. Diese Eintheilung verliert aber viel von ihrer Wichtigkeit, insoferne bei Erschöpfung und Schwäche und ordnungsgemäss auch mit zunehmenden Jahren die facultative in relative und diese in absolute *H* übergeht. Hierauf wurde schon bei der Schilderung der aufgezählten Formen die Aufmerksamkeit gelenkt. Die schematische Fig. 118 wird den Gegenstand weiter erläutern. Mit 10 Jahren ist bei $H = {}^1/_6$

Fig. 118.



in unserm Falle $Hm = {}^1/_{30}$; mit Zuhülfenahme der Accommodation kann aber selbst ohne Convexgläser für einige Entfernung vom Auge noch deutlich gesehen werden (facultative *Hm*). Im 25. Jahre ist *Hm*, bei unveränderter $H = {}^1/_6$, $= {}^1/_{16}$ geworden, und während der absolute Nahpunkt *p* bei 30″ liegt, gibt es keinen binoculären Nahpunkt mehr: es hat sich relative *Hm* entwickelt. Mit 31 Jahren überschreitet *p* schon die Linie ∞, und damit ist absolute Hypermetropie gegeben. Während endlich $\frac{1}{A}$ allmälig abnimmt und schliesslich mit 80 Jahren $= 0$ wird, wird der

latente Theil von Hypermetropie, der Abstand zwischen $r\ r_m'$ und $r_t\ r_t'$ kleiner und kleiner und verschwindet zuletzt, wenn die Linien $r_m\ r_m'$ und $r_t\ r_t'$ sich treffen, gänzlich: die totale Hypermetropie hat dabei auch von $^1/_6$ bis auf $\frac{1}{4{\cdot}5}$ zugenommen.

§ 20. Form, Lage und Bewegungen des hypermetropischen Auges. — Scheinbarer Strabismus.

Im vorigen Paragraphen haben wir Hypermetropie vom dioptrischen Gesichtspunkte aus definirt. Es fragt sich nun, auf welcher anatomischen Abweichung diese Refractionsanomalie beruht.

Ausnahmsweise können mannigfache Umstände daran Antheil haben. An erster Stelle das aus was immer für einer Ursache herrührende Fehlen der Linse (Aphakie), — ein wichtiger Zustand, welchem ich den 25. Paragraphen widmen werde. Ausserdem Krankheiten der Hornhaut, die zu einer Abflachung derselben, sei es in ihrer ganzen Ausdehnung oder nur ihres centralen Theiles, führen. So habe ich zuweilen bei centralen Hornhautgeschwüren einen hohen Grad von Hypermetropie beobachtet, an deren Stelle Emmetropie oder gar Myopie, verbunden mit unregelmässigem Astigmatismus, trat, sobald bei artificieller Mydriasis auch die seitlichen Theile der Hornhaut beim directen Sehen mit ins Spiel kamen. Auch bei beginnendem Glaukom scheint das Auge Neigung zu haben hypermetropisch zu werden, was man sich von einem Flacherwerden der Linse durch die Spannung der Zonula Zinnii, wenn nicht von einem höhern Brechungsindex des Kammerwassers oder besonders des Glaskörpers abhängig denken kann: wenigstens wird meinen Messungen zu Folge die Hornhaut durch die Zunahme des intraoculären Druckes, welcher, wie es scheint, den ganzen Augapfel mehr in die Kugelform überführen müsste, nicht, wie man hätte voraussetzen können, flacher.[1]) Schliesslich kann die Auftreibung der Netzhaut durch feste Chorioideal-Exsudate das Auftreten mässiger Hypermetropie veranlassen, und mögen selbst höhere Grade derselben, die dann freilich bald in Blindheit übergehen, durch Netzhautablösung hervorgerufen werden.[2])

In der Regel hängt Hypermetropie jedoch von einem besondern typischen Bau des Auges ab, den man den hypermetropischen Bau nennen kann. Das hypermetropisch gebaute Auge ist ein kleines Auge; es ist in all seinen

---

[1]) Schelske (Ueber das Verhältniss des intraoculären Druckes und der Hornhautkrümmung des Auges. Arch. f. O., X, 2, p. 45) kommt dagegen zu dem Schlusse, dass die Presbyopie, und wohl auch die Veränderung des Refractionszustandes, die Summe der Abflachung von Linse und Cornea und des dieser entgegen wirkenden Einflusses des vorgeschobenen Linsensystems sei.

[2]) Nach Prof. v. Jaeger jun. (Ueber die Einstellungen des dioptrischen Apparates etc. Wien 1861, p. 96) ist Hypermetropie ein sehr charakteristisches und diagnostisch wichtiges Symptom bei vielen Erkrankungen des Centralnervensystems und des Sehnerven (bläuliche Sehnervenentfärbung mit und ohne Zeichen von Irritation). Hypermetropie soll in solchen Fällen nicht selten zugleich mit den Reizerscheinungen auftreten. Unter solchen Umständen wird wohl die Spannung vermehrt sein.

Dimensionen, besonders aber in der Richtung der Sehachse kleiner, als das emmetropische Auge. Unmittelbar um die Hornhaut herum hat die Sclerotica ein flaches, schwach gekrümmtes Ansehen. Die Meridiane haben hier eine schwache Krümmung, während am Aequator die Krümmung in der Richtung der Meridiane viel grösser, als im Aequator selbst ist. Ein Schnitt durch die Gesichtslinie hat die Form einer Ellipse, deren kurze Achse die Sehachse ist (Fig. 119); ein senkrecht auf die Gesichtslinie durch den Aequator geführter Schnitt dagegen ist fast ein Kreis. — Das hypermetropische Auge ist ferner im Allgemeinen ein unvollkommen entwickeltes Auge. Wenn die Dimensionen aller Achsen kleiner sind, so ist auch die Ausdehnung der Netzhaut kleiner, und dieser entspricht überdiess ein dünnerer Sehnerv mit einer geringeren Anzahl Nervenfasern. Ferner ist die Asymmetrie in den verschiedenen Meridianen (Astigmatismus) in hypermetropischen Augen durchschnittlich grösser, als im emmetropischen. Diese beiden Umstände erklären es zum Theil, dass in höhern Graden von Hypermetropie, die Sehschärfe gewöhnlich unter dem Normalen ist. Ist ausserdem, was verhältnissmässig selten ist, die Entwicklung der Hornhaut unvollkommen geblieben, so geht der hypermetropische Bau in Mikrophthalmus über.— Der hypermetropische Bau ist endlich erblich: wenn eines der Eltern an Hypermetropie leidet, so finden wir dieselbe Anomalie gewöhnlich bei einem oder mehreren Kindern; zuweilen sind auch mehrere Geschwister hypermetropisch, ohne dass bei einem der Eltern die Anomalie zu beobachten ist. Wie weit der in Rede stehende Bau aber angeboren ist, habe ich nicht selbst untersucht. Nach von Jaegers*) ophthalmoskopischen Untersuchungen sind die Augen der meisten neugebornen Kinder bei Accommodationsparalyse in mässigem Grade myopisch; bei weiterer Entwicklung verlieren sie aber bald ihre Myopie und werden in den ersten Lebensjahren meist emmetropisch. Den grossen Unterschied in der Form der Augen trifft man aber erst in einer spätern Zeit an. Doch fand von Jaeger selbst in den ersten Lebenstagen nicht ausschliesslich (78%) Myopie, sondern 5% Emmetropie und 17% Hypermetropie. Es lässt sich mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass unter den letzten besonders die Hypermetropen des spätern Lebensalters sich befinden werden. Wenigstens habe ich im 5. und 6., einige Male sogar im 4. Lebensjahre beträchtliche Grade von Hypermetropie nachgewiesen, und habe diese später niemals verschwinden sehen.

Fig. 119.

Die kürzere Sehachse eines hypermetropisch gebauten Auges, die sich schon bei Lebzeiten nachweisen lässt, erklärt bei übrigens gleicher Form und Lage der brechenden Oberflächen die Existenz von Hypermetropie zur Genüge. Doch entsteht die Frage, ob wir berechtigt sind, diese Gleichheit in Form und Lage als bestehend anzunehmen. A priori könnte man voraussetzen, und es ist nicht blos vermuthet, sondern auch behauptet worden, dass dem hypermetropischen Auge eine geringere Convexität der Hornhaut und der Linse eigenthümlich sei. Das Ergebniss zahlreicher genauer Bestimmungen berechtigt mich aber, dieser

*) l. c. p. 20.

Behauptung in Bezug auf die Hornhaut zu widersprechen. Selbst in hohen Graden von Hypermetropie fand ich den Radius in der Gesichtslinie (vergl. p. 77) beinahe ebenso gross, wie im emmetropischen Auge, und in den höchsten Graden, in denen der Umfang der Hornhaut etwas kleiner, als gewöhnlich ist, fand ich auch den Halbmesser kleiner. Wenn diess für ρ^0 gilt, so muss es noch mehr für $\rho_{,}$, den Radius im Hornhautscheitel (auf den es hier allein ankommt), richtig sein, denn der Winkel α zwischen Hornhautachse und Gesichtslinie ist bei Hypermetropie grösser, als bei Emmetropie. Der Anschein spricht allerdings dafür, als wäre die Hornhaut des hypermetropischen Auges weniger convex. Diess ist aber, gerade wie bei der Presbyopie, nur der geringeren Tiefe der vorderen Augenkammer und der verhältnissmässigen Enge der Pupille zuzuschreiben; denn zu den Eigenthümlichkeiten des hypermetropischen Baues gehört eine weniger tiefe Lage der Iris und der Linse. Der Einfluss der Hornhaut ist somit ausgeschlossen. — Ob die Linse des hypermetropischen Auges weniger gewölbt ist, darüber ist nichts Sicheres bekannt. Allerdings ist die Linse in manchen Augen dicker, in andern dünner. Geben wir aber auch zu, obgleich es keineswegs bewiesen ist, dass damit eine kürzere und längere Brennweite verknüpft ist, so haben wir noch immer kein Recht, diesen Unterschied mit Hypermetropie in Verbindung zu bringen. Wir wissen z. B. auch, dass die Hornhaut bisweilen einen besonders langen Radius hat, aber es ist diess gerade eher den höchsten Graden von Myopie, als von Hypermetropie eigenthümlich; und zufällig gehört auch diejenige Linse, welche nach den Messungen Knapp's*) eine besonders grosse Brennweite hat, einem myopischen Auge an. Es liegt aber auf der Hand, dass, um berechtigt zu sein, eine flache Linse mit dem hypermetropischen Bau in Verbindung zu bringen, die Gegenwart derselben in hypermetropischen Augen mit Bestimmtheit nachgewiesen sein müsste. Ich habe diess auf indirectem Wege zu thun versucht, indem ich mich bestrebte, die Länge der Gesichtslinie flach gelegener, hypermetropischer Augen bei starker Einwärtsdrehung zu messen und daraus, in Verbindung mit dem gleichzeitig bestimmten Radius der Hornhaut und dem Grade der Hypermetropie, die Brennweite der Linse zu berechnen. Doch schienen die Messungen der Sehachse keine hinreichend genauen Resultate zu geben.

Da nun entscheidende Bestimmungen fehlen, so nehmen wir an, dass die Cardinalpunkte des dioptrischen Systems im hypermetropischen Auge dieselbe Lage haben, wie im emmetropischen. Dabei lassen wir ausser Acht, dass die Linse im hypermetropischen Auge etwas weiter vorne liegt, und zwar theils der Einfachheit wegen, weil der Einfluss auf die Brechungsverhältnisse nicht bedeutend ist, theils um dadurch bis zu einem gewissen Grade denen gerecht zu werden, welche sich berufen glauben, für eine flachere Linse im hypermetropischen Auge einzutreten. Nehmen wir also an, die Lage der Cardinalpunkte sei unverändert, so können wir die Werthe des reducirten Auges dazu benützen, um zu berechnen, welche Grade von Hypermetropie gegebenen Längen der Sehachse entsprechen.

Wir finden:

bei einer Abnahme der Sehachse um $0{\cdot}5^{mm}$ eine $H = 1 : 21{\cdot}43$

„ „ „ „ $1{\cdot}0^{mm}$ „ $= 1 : 10{\cdot}34$

*) A. f. O., VII, p. 1.

bei einer Abnahme der Sehachse um $1{\cdot}5^{mm}$ eine $H = 1 : 6{\cdot}649$
„ „ „ „ $2{\cdot}0^{mm}$ „ $= 1 : 4{\cdot}302$
„ „ „ „ $3{\cdot}0^{mm}$ „ $= 1 : 2{\cdot}955$*)

In gleicher Weise lässt sich aus dem Grade der Hypermetropie die Verkürzung der Sehachse und daraus ihre wirkliche Länge berechnen. Diess ist in der folgenden Tafel, welche zugleich die Lage des Bewegungscentrums (vergl. p. 157 und ff.) und den Winkel α enthält, geschehen. Der Berechnung sind die Werthe des reducirten Auges zu Grunde gelegt, und die für die Abnahme der Sehachse gefundenen Werthe sind von der Länge der Sehachse des schematischen Auges von Helmholtz ($= 22{\cdot}231^{mm}$) abgezogen.

Nummer der Person	Alter	Auge	*H.*	Länge der Sehachse		Lage des Bewegungscentrums hinter der Hornhaut	Winkel α
				von der Netzhaut	von der hintern Fläche der Sclerotica		
1	23	D	1 : 16	21·57	22·87	14·67	7
		S	1 : 16	21·57	22·87	13·90	7
2	21	D	1 : 8 75	21·06	22·36	12·95	8·5
		S	1 : 8·75	21·06	22·36	13·12	7
3	22	D	1 : 7·75	20·93	22·23	12·32	8·5
		S	1 : 7·75	20·93	22·23	12·40	9
4	34	D	1 : 6·75	20·75	22·05	12·58	7
		S	1 : 6·75	20·75	22·05	12·85	7
5	26	D	1 : 6·75	20·75	22·05	13·81	8·5
		S	1 : 6·75	20·75	22·05	13·40	8
6	24	D	1 : 3·75	19·77	21·07	13·24	7
		S	1 : 3·75	19·77	21·07	13·39	6
Mittel				20·805	22·105	13·22	7°·55

Um die Länge der Sehachse bis zur Aussenseite des Augapfels zu erhalten, wurde zu der durch Rechnung erhaltenen Länge der Sehachse bis zur Netzhaut $1{\cdot}3^{mm}$ als Dicke der Augenhäute hinzuaddirt. Nun beträgt aber die ganze Länge der Sehachse für die oben verzeichneten 12 hypermetropischen Augen

---

*) Auf Seite 151 fanden wir

$$f' - F'' = \frac{F'' F'}{f' - F'} \quad \text{oder} \quad y = \frac{F'' F'}{\zeta},$$

und folglich: $$\zeta = \frac{F'' F'}{y}.$$

Liegt der Brennpunkt f (die Netzhaut) vor φ'', wie es bei Hypermetropie der Fall ist, so sind y und ζ beide negativ, weil $F'' > f''$ und $F' > f'$; und auch f' wird negativ, sobald i hinter h zu liegen kommt. Als ζ finden wir die Entfernung von i hinter φ'; wir müssen aber die Entfernung von i hinter k kennen, und $\zeta - G'$ ist desshalb die Entfernung, welche wir suchen. Auf diese Weise finden wir

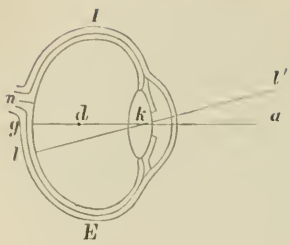
$$H = \frac{1}{\zeta - G'},$$

worin dann $\zeta - G'$ in Pariser Zoll ausgedrückt werden muss.

im Mittel 22·105^{mm}, so dass das Bewegungscentrum, welches 13·22^{mm} hinter der vordern Fläche der Hornhaut gefunden wurde, desshalb 8·885^{mm} vor der hintern Fläche der Sclerotica liegt; diese Werthe verhalten sich aber wie 59·5 zu 40·0, d. i. ungefähr wie 3 zu 2. Wie wir schon gesehen haben, liegt also das Bewegungscentrum in hypermetropischen Augen, obwohl absolut gerechnet etwas näher an der Hornhaut, relativ tiefer, als im emmetropischen Auge. Wegen dieser Lage des Bewegungscentrums sowohl, als auch schon wegen der kürzeren Achse an sich, verändert der Sehnerv bei Bewegungen des hypermetropischen Auges seine Lage weniger, und es kann desshalb nicht überraschen, dass die Excursionen hypermetropischer Augen in der Regel grösser sind; nur bei Nr. 6 fand eine Beschränkung statt.

In der Tabelle ist auch der Winkel α angemerkt. In hypermetropischen Augen wird die Hornhaut ohne Ausnahme durch die Gesichtslinie einwärts von ihrer Achse getroffen, und, wie wir sehen, beträgt der Winkel α in dieser horizontalen Ebene im Mittel nicht weniger, als 7° 55′. Das Maximum ist in der Tabelle mit 9°, das Minimum mit 6° angegeben; doch habe ich in andern Augen noch grössere Abweichungen, bis zu 11° 3′, gefunden. Im emmetropischen Auge beträgt dieser Winkel im Mittel nur 5° 082′ und im myopischen, wo er sogar nach aussen von der Hornhautachse liegen kann und dadurch negativ wird, fand ich ihn im Allgemeinen etwas kleiner, als 2°. Wie innig dieser Winkel mit Myopie und Hypermetropie zusammenhängt, erhellt besonders daraus, dass sein Maximum bei Myopie durch sein Minimum bei Hypermetropie übertroffen wird. Wie ich schon bemerkt habe, ist davon der scheinbare Strabismus convergens bei Myopen und der scheinbare Strabismus divergens bei Hypermetropen die Folge. Unser Urtheil über die Stellung der Augen wird durch die Richtung der Hornhautachsen bestimmt, und diese divergiren bei parallelen Gesichtslinien bei Hypermetropen mehr, als bei Emmetropen; bei Myopen dagegen divergiren sie weniger oder convergiren gar. Bedenkt man, dass zwischen dem Winkel der Hornhautachsen bei parallelen Gesichtslinien in den extremsten Fällen von Myopie und Hypermetropie ein Unterschied von ungefähr 25° besteht, so wird man begreifen, wie charakteristisch dieser Winkel für die Physiognomie der Myopen und Hypermetropen ist, und wie er in der That den Eindruck des Schielens hervorbringen kann. Später werden wir sehen, einen wie wichtigen Antheil der scheinbare Strabismus an dem Entstehen des wirklichen hat, wie der scheinbare Strabismus divergens die Entwicklung des wirklichen Strabismus convergens hervorruft und vice versa; und die Wichtigkeit des Winkels α wird dann noch mehr in die Augen springen. Hier habe ich nur noch die Frage zu beantworten, wovon die verschiedenen Werthe dieses Winkels abhängen. Fig. 120 zeigt deutlich, dass zunächst die Lage des gelben Fleckes l zur Hornhautachse diesen Winkel bestimmt. Sodann muss die Entfernung kg des Knotenpunktes von der Netzhaut berücksichtigt werden. Es leuchtet ein, dass, wenn im hypermetropischen Auge, wo diese Entfernung besonders klein ist, der gelbe Fleck l sich nur in der gewöhnlichen Entfernung von g (dem Punkt, in welchem die verlängerte Hornhautachse die Netzhaut schneidet) befindet, der Winkel α, unter welchem sich ll' und ga in k schneiden, grösser werden muss. Hierin ist auch wirklich der grössere Werth von α in hypermetropischen Augen zum Theil begründet; den grössten Antheil daran hat aber der Umstand, dass der gelbe Fleck in hyper-

Fig. 120.



metropischen Augen weiter nach aussen liegt. Diese Lage hängt mit der gehemmten Entwicklung, besonders der äussern Hälfte, des hypermetropischen Auges zusammen. Andererseits ist es gerade, wie später klar werden wird, die ausserordentliche Entwicklung und krankhafte Ausdehnung der nach aussen liegenden Partien in myopischen Augen, welche in ihnen den gelben Fleck der Hornhautachse näher bringt und sie mitunter sogar überschreiten lässt.

Es scheint mir, dass der sogenannte Strabismus incongruus von Johannes Müller (Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes, Leipzig, 1826. p. 230), welcher mitunter etwas zu leichtfertig bei Seite geschoben wurde, nichts Anderes, als der oben beschriebene scheinbare Strabismus ist. Freilich hat Müller weder die Beziehung dieser Abweichung zu den Refractionsanomalien erkannt, noch dieselbe ausdrücklich mit der Lage des gelben Fleckes in Verbindung gebracht. Allein, was kann er anders im Sinne gehabt haben, wenn er sagt: „Uebrigens ist diese Art des Schielens nicht selten, in der Regel aber nur gering, so dass sie bei einem sonst sichern Blick und gleicher Integrität der Augen in Hinsicht der innern Veränderungen wenig auffällt", und noch hinzufügt, dass die Augenmuskeln dabei ganz gesund sind? Auch seine Definition passt auf unser scheinbares Schielen. „Die Art des Schielens," sagt er, „welche ich meine, ist angeboren (was wenigstens für das scheinbar divergirende der Hypermetropen richtig ist) und unheilbar; sie beruht auf einem Unterschied in der Lage der identischen Stellen der Netzhäute beider Augen; so dass diese zwar vollkommen subjectiv eins sind, das Identische aber in beiden Augen anderen Meridianen angehört, dass z. B. der Mittelpunkt der Netzhaut in dem einen Auge einer identischen Stelle des andern Auges entspricht, welche vom Mittelpunkt des Auges selbst entfernt ist." Er erläutert seine Ansicht durch eine Figur, aus der man würde schliessen können, dass nach seiner Meinung nur auf einem Auge die Sehlinie (von ihm Sehachse genannt) und die Hornhautachse (seine Augenachse) nicht zusammen fielen. — Ein besonders stark entwickelter Fall der Art ist durch v. Graefe beschrieben unter dem Namen: „Scheinbare Netzhaut-Incongruenz durch anomalen Eintritt des Opticus" (Arch. f. O. I, 1. p. 435), wo der gelbe Fleck zugleich mit dem Sehnerven auf dem einen Auge stark nach innen verschoben war. Er stellt diesen Fall einem andern von wahrer Incongruenz der Netzhäute gegenüber (l. c. p. 105), in welchem der gelbe Fleck auf dem einen Auge an der Nasenseite des Sehnerven vorgekommen sein soll.

Ich kann nicht verhehlen, dass dieser letzte Fall mir problematisch geblieben ist. Bei der unvollkommenen Sehschärfe des bei der Fixation gebrauchten Theiles der Netzhaut kann sehr wohl eine andere Erklärung zugelassen werden, an welche auch v. Graefe selbst gedacht hat. Auch die Fälle, welche Alfred Graefe in seinem klaren und bündigen Schriftchen (Klinische Analyse der Motilitätsstörungen des Auges, Berlin, 1858, p. 228 ff.) aufgenommen, haben mich nicht überzeugt. Ich sehe, dass auch Arlt (die Krankheiten des Auges, III, p. 320) die Annahme eines wahren Strabismus incongruus vorläufig nicht für gerechtfertigt hält. Kann ich es desshalb nicht für bewiesen erachten, dass andere Formen von Incongruenz vorkommen, als die hier unter dem Namen von scheinbarem Strabismus beschriebenen, so wende ich hierauf gern die bezeichnenden Worte von v. Graefe an: „Ich möchte dieselben sicher nicht auf Incongruenz der Netzhäute, sondern auf asymmetrische Entwicklung der beiden Hälften des Bulbus beziehen."

Die Entwicklung des hypermetropischen Auges verdient noch genauer studirt zu werden, denn es knüpfen sich wichtige Fragen an dieselbe. Wie man in den höhern Klassen der Gesellschaft häufiger Myopie antrifft, ebenso gewiss ist es, dass Hypermetropie häufiger in den untern Schichten vorkommt. Wenn nun auch beide Anomalien gegenwärtig sich erblich fortpflanzen, so müssen sie doch ohne Zweifel in erster Instanz durch besondere Gewohnheiten veranlasst worden sein, welche sie jetzt noch in ihrer Entwicklung begünstigen. Wie mir scheint, lässt sich diess in Bezug auf Myopie in der That nachweisen: die vorübergebeugte Haltung und wahrscheinlich auch der vermehrte intraoculäre Druck während der Accommodation für die Nähe mag die Ausdehnung des Bulbus befördern. Etwas Analoges lässt sich für die Hypermetropie anführen: Es gibt verhältnissmässig mehr Hypermetropen in den niedern Klassen, denen jede Neigung myopisch zu werden fehlt. Läge nun das Wesen von Hypermetropie in einer flacheren Linse, so liesse sich begreifen, dass das Fehlen der Accommodation für die Nähe während der Entwicklung der Linse die Veranlassung würde, dass sie flacher bliebe, gerade so, wie sie schliesslich mehr convexe Oberflächen dauernd behalten würde, wenn sie während der durch das Wachsthum bedingten Veränderungen gezwungen würde, beständig in einem mehr convexen Zustande zu verharren. Gerade so wenig, wie eine gewölbtere Linse bei Myopie, ist aber bisher bei Hypermetropie eine flachere nachgewiesen. Nichts destoweniger habe ich mir die Frage vorgelegt, ob die Thatsache, dass sich in der Kindheit Hypermetropie ausbildet, wenn nicht für die Nähe accommodirt wird, nicht darauf hinweist, dass die Linse bei Hypermetropie flacher wäre. Ich gestehe aber, dass mir die Wahrscheinlichkeit nicht gross erscheint. Ueberdiess drängen sich andere Hypothesen auf. Da bei der Accommodation für die Nähe die flüssigen Medien des Auges unter höheren Druck kommen, so wäre es z. B. nicht unlogisch, wenn man annähme, dass beim Fehlen dieses Druckes die Entwicklung des Augenumfanges gehemmt und so die hypermetropische Form begünstigt würde.

Diese Bemerkungen mögen die Aufmerksamkeit der Forscher auf die Entwicklungsgeschichte, besonders des hypermetropischen Auges, auch in den ersten Jahren nach der Geburt, lenken. Das Verdienst, den ersten Schritt in dieser Richtung gethan zu haben, gebührt Ed. v. Jaeger.

---

§ 21. Symptome. — Diagnose. — Das Sehen der Hypermetropen.

Die Diagnose der Hypermetropie bietet geringe Schwierigkeiten dar. Ich habe schon früher als Pflicht bezeichnet, systematisch jeden Augenkranken auf seinen Refractionszustand zu untersuchen, und wer diess thut, wird nicht leicht bei einem Kranken das Vorkommen von Hypermetropie übersehen. Oft wird jedoch schon der äussere Anblick in uns den Verdacht auf Hypermetropie rege machen, noch bevor die Untersuchung begonnen, ja bevor noch das Sehvermögen geprüft wurde. — Zunächst werden uns die im vorigen Paragraphen besprochenen anatomischen Eigenthümlichkeiten aufmerksam machen. Die geringe Krümmung der Sclerotica im vordern Abschnitte, die starke Krümmung ihrer Meridiane in der Gegend des Aequators, die flache Lage der Iris, die verhältnissmässig enge Pupille, der scheinbare Strabismus divergens, all dieses gibt dem Auge eine eigenthümliche Physiognomie. Doch noch mehr: selbst in der Form des Antlitzes ist nicht selten das Bestehen von Hypermetropie ausgesprochen. Die Besonderheiten, welche hier auftreten, hängen, wenn ich nicht irre, hauptsächlich mit dem flachen Bau der Orbita zusammen. Die Augenhöhlenränder sind platter, weniger gekrümmt, das ganze Antlitz erscheint abgeflacht und nur wenig vorragend, die Wangen sind wenig gerundet, weil

die Vorderfläche des Antlitzes rasch in die flache Seitenfläche übergeht. Oft ragt auch die Nase nur wenig vor, und die Nasenwurzel ist so wenig scharf markirt, dass sie kaum für gewöhnliche Brillen eine Stütze abgibt. Die Augenlider sind flach und breit, die Augen stehen weit von einander ab, dasselbe gilt von den Augenhöhlen, oder wenigstens von ihren äussern Rändern, deren Abstand von einander sich leicht messen lässt. Dagegen liegt das hypermetropische Auge bald tief, bald flach, so dass man aus der Lage des Auges nichts schliessen kann. — Doch muss noch bemerkt werden, dass die eben beschriebene Form des Antlitzes durchaus nicht constant ist. Dass aber ein Zusammenhang zwischen dem Refractionszustande des Auges und der Form des Antlitzes besteht, erhellt am deutlichsten aus der Asymmetrie der Gesichtsknochen und des Stirnbeines, welche fast regelmässig bei jedem Falle von grosser Verschiedenheit des Refractionszustandes zwischen beiden Augen beobachtet wird. Wir finden nämlich in solchen Fällen im Allgemeinen das Auge der hypermetropischen Seite entfernter von der Nasenwurzel und mit der ganzen entsprechenden Antlitzfläche zurückweichend. Es hat den Anschein, als wenn die Knochen auf dieser Seite im Allgemeinen in der Entwicklung zurückgeblieben wären. So ist dann die Orbita weniger tief, und dem entspricht ein kleineres Auge mit einer kürzeren Augenachse, welche ihrerseits wieder mit einer seichteren Augenhöhle im Zusammenhang steht. Wir werden später der Verschiedenheit des Refractionszustandes beider Augen ein eigenes Kapitel widmen müssen und werden dann noch einmal auf die Asymmetrie im Baue des Schädels und der Gesichtsknochen zurückkommen.

Finden wir die eben beschriebene Physiognomie bei einem jungen Individuum, welches sich uns als augenkrank vorstellt, ohne dass der äussere Anblick ein Augenleiden verriethe, so können wir mit grösster Wahrscheinlichkeit das Vorhandensein von Hypermetropie annehmen. Auf die Frage, ob der Kranke andauernd arbeiten könne, erhalten wir fast ohne Ausnahme eine verneinende Antwort. Diese rasch eintretende Ermüdung, das gewöhnlichste Symptom bei gewissen Graden von Hypermetropie, werden wir im nächsten Paragraphen als Asthenopie näher ins Auge fassen.

Wir müssen uns nun in solchen Fällen, sowie in jenen, wo jeder Anhaltspunkt fehlt, mit Hülfe von Gläsern über den wahren Stand der Dinge Gewissheit zu verschaffen trachten. Es wurde schon früher festgestellt, dass die Hypermetropie dann vollkommen charakterisirt sei, wenn mit Hülfe von Convexgläsern entfernte Objecte scharf gesehen werden; das stärkste Glas, mit welchem noch scharf gesehen wird, gibt uns, in der oben beschriebenen Weise, die Lage des Fernpunktes und damit zugleich den Grad der Hypermetropie an. Trotzdem können wir uns selbst mit diesen Hülfsmitteln noch irren. Denn erstens kann die Hypermetropie, wie schon erwähnt, latent sein. Nach dem 25. Lebensjahre ist selbst von sehr mässigen Graden von Hypermetropie ein Theil gewöhnlich manifest; in früherer Lebenszeit aber kann das kräftige Accommodationsvermögen selbst verhältnissmässig hohe Grade von Hypermetropie vollständig unterdrücken, und solche können daher selbst dann, wenn schon schwache positive Gläser die Genauigkeit des Sehens in die Ferne verringern, bestehen. Ich habe früher angenommen, dass, wenn die Kranken versicherten, mit schwachen negativen Gläsern, etwa $^1/_{40}$ oder $^1/_{30}$, noch ebenso gut oder besser, als mit freiem Auge zu sehen, wenn auch nicht Myopie

sichergestellt, so doch Hypermetropie ausgeschlossen sei; aber diese Annahme hat sich der Erfahrung gegenüber nicht stichhältig erwiesen. Ich fand nämlich, dass jugendliche Hypermetropen zuweilen unwillkührlich selbst den durch das negative Glas erhöhten Grad von Hypermetropie unterdrücken, und dass sie eine solche Vorliebe für kleinere Formen von Buchstaben und andern Objecten gefasst haben, dass sie sich einbilden, dieselben mit jenen Gläsern ebenso gut, wenn nicht besser, als mit blossem Auge unterscheiden zu können. Dass sie sich hierin irren, ist offenbar, aber es ist nicht immer ganz leicht, diess nachzuweisen; denn Hypermetropen mit gutem Accommodationsvermögen verlieren nur sehr wenig durch negative Gläser, und jedenfalls viel weniger, als Myopen durch dieselben gewinnen. Wenn daher die anderweitigen Symptome den Verdacht auf Hypermetropie rechtfertigen, ohne dieselbe zur Evidenz zu bringen, so müssen wir unsere Zuflucht dazu nehmen, die Accommodation durch ein Mydriaticum zu lähmen, um dadurch die etwa vorhandene Hypermetropie vollkommen manifest zu machen. Manchmal genügt in solchen Fällen die Untersuchung mit dem Augenspiegel, ohne Anwendung eines Mydriaticums, um das Vorhandensein von Hypermetropie nachzuweisen. In dem passiven Zustande, in welchem sich ein auf diese Weise untersuchtes Auge befindet, ist in der That die Accommodation nicht selten noch mehr entspannt, als wenn das Auge selbst mit parallelen Sehlinien einen Gegenstand fixirt.

Zweitens müssen wir besonders auf der Hut sein, wenn die Sehschärfe sehr herabgesetzt ist. In einem solchen Falle hängt das Erkennen der Gegenstände weniger von der Schärfe der Netzhautbilder, welche ohnehin nicht scharf gesehen werden, als von der Grösse der Bilder ab. Man kann die Netzhaut amblyopischer Augen mit einer sehr groben Leinwand vergleichen, auf welcher sich sehr kleine Gegenstände, wenn sie noch so fein gezeichnet sind, nicht so deutlich ausnehmen, wie grössere Gegenstände mit weniger scharfen Umrissen, oder wir können annehmen, dass sehr kleine Bilder schon weniger scharf auf feinerem Gewebe gezeichnet sind, und dass hierbei der durch die Grössenzunahme bedingte Vortheil die durch weitern Verlust an Schärfe der Zeichnung bedingte Störung in derselben Weise ausgleicht, wie bei mikroskopischen Untersuchungen die stärksten Oculare, obwohl sie die Bilder weniger scharf erscheinen lassen, uns doch oft in den Stand setzen, die Form der kleinsten Objecte mit grösserer Sicherheit zu erkennen, als es bei gleichem Objective mit einem schwächeren Oculare möglich gewesen wäre.

Daraus erklärt sich, warum amblyopische Kranke, auch wenn sie nicht hypermetropisch sind, oft Convexgläser anwenden; die grösseren Bilder sagen ihnen eben ganz besonders zu. Auch in diesen Fällen lässt uns, wenn noch Zweifel bestehen, die ophthalmoskopische Untersuchung selten im Stich. Dagegen werden bei Mydriasis in Folge der rasch wachsenden Zerstreuungskreise nicht leicht Convexgläser gewählt werden, wenn nicht wirklich Hypermetropie besteht. Man muss daher in allen solchen Fällen seine Aufmerksamkeit auf die Grösse der Pupille richten. Ich habe wiederholt beobachtet, dass amblyopische Kranke mit sehr engen Pupillen, mag die Enge künstlich oder natürlich gewesen sein, durch Convexgläser einen so hohen Grad von S erlangten, dass der Untersuchende zu irrthümlicher Annahme einer hochgradigen Hypermetropie verleitet wurde. In sehr seltenen Fällen können auch Erkrankungen der Hornhaut irre leiten. Eine flache Facette und insbesondere der Pupille

gegenüber gelagerte Geschwüre mit durchsichtigem Grunde heben eine vorhandene Myopie auf, oder lassen den Kranken hypermetropisch erscheinen; heilt das Geschwür oder erweitert man nur die Pupille, so verschwindet die Veränderung der Refraction wieder. Schliesslich muss ich noch vor der Untersuchung mit schmutzigen oder trüben Gläsern warnen. Der Kranke weist ein Glas, welches schmutzig ist oder vor dem Auge trüb wird, was bei kalten Gläsern leicht geschieht, trotzdem es die Refractionsanomalie corrigirt, zurück. Ist man im Zweifel, ob diess der Grund des Schlechtersehens ist, so muss man vor dem positiven Glase ein negatives von gleicher Brennweite vorhalten, und der Patient muss dann ebenso gut, wie mit blossem Auge, sehen. Dieses Verfahren ist auch zu empfehlen, wenn die Kranken trotz reiner Gläser widersprechende Angaben machen, insbesondere aber dann, wenn man an der Aufrichtigkeit derselben zu zweifeln berechtigt ist.

Was die Functionen des hypermetropischen Auges betrifft, so finden wir in erster Linie die Sehschärfe häufig herabgesetzt. In den leichtern Fällen ist in dieser Beziehung wohl nur selten eine Abnormität vorhanden, bei höheren Graden aber findet man nur ausnahmsweise $S = 1$.

Es ist klar, dass Gläser, welche die Hypermetropie neutralisiren, auch die Sehschärfe vergrössern, denn der Knotenpunkt wird durch sie weiter nach vorne gerückt, als wenn die durch ausserordentliche Accommodationsanspannung vergrösserte Convexität der Linse den Brennpunkt in die Netzhaut verlegt, und das Netzhautbild wird daher grösser (vergl. p. 152). Aber selbst dann bleibt bei hochgradiger Hypermetropie S oft unter der Norm. Die Ursache dieser verminderten Sehschärfe lässt sich zum Theil aus dem Bau des Auges ableiten. Wegen der geringern Entfernung des Knotenpunktes von der Netzhaut sind die Netzhautbilder kleiner, als im emmetropischen Auge, und dieses Verhältniss wird im Allgemeinen beim Gebrauche von Convexgläsern fortbestehen, wenn nicht starke Gläser erforderlich sind, und diese verhältnissmässig weit vom Auge gehalten werden. Nur wenn ein dünnerer Sehnerv dieselbe Anzahl Nervenfasern, und eine kleinere Oberfläche der Netzhaut eine gleiche Anzahl von percipirenden Elementen besässe, wie das emmetropische Auge, könnte die geringere Grösse der Netzhautbilder ganz oder doch theilweise ausgeglichen werden; zu dieser Annahme jedoch sind wir durch nichts berechtigt. Ueberdiess ist, wie ich schon erwähnte, das hypermetropische Auge mehr als irgend ein anderes der Asymmetrie unterworfen, und dass und wie in Folge derselben die Sehschärfe abnimmt, wird im Kapitel über Astigmatismus des Näheren auseinandergesetzt werden. Hier will ich nur so viel bemerken, dass selbst nach Correction des Astigmatismus und der Hypermetropie die Sehschärfe gewöhnlich beträchtlich herabgesetzt bleibt. Im Allgemeinen kann sogar gesagt werden, dass, wenn auch bei hochgradiger Hypermetropie die Gläser so vor das Auge gestellt werden, dass man annehmen kann, die Netzhautbilder erhalten die normale Grösse, trotzdem in manchen Fällen die Sehschärfe nicht die Norm erreicht. Die Ursache dieser Erscheinung kennen wir nicht, vielleicht würde uns eine genaue mikroskopische Untersuchung der Macula lutea Aufschluss geben. Zu der eben besprochenen Verminderung der Sehschärfe, welche angeboren ist, tritt bei Hypermetropie häufig eine erworbene hinzu. Wenn nämlich blos ein Auge hochgradig hypermetropisch ist, so wird es nur wenig zum Sehen verwendet, und wird in

Folge von diesem Nichtgebrauche mit psychischer Unterdrückung der Bilder amblyopisch. Insbesondere ist die Sehschärfe, und zwar vorzüglich in der Gegend der Macula lutea, dann beträchtlich herabgesetzt, wenn sich in einem Auge Strabismus entwickelt hat, wozu gerade bei Hypermetropie die Disposition besteht (vergl. § 24). Fixirt in solchen Fällen das Auge, besonders beim Schlusse des andern, nicht mehr, so ist auch keine Verbesserung der Sehschärfe zu erwarten, während in Fällen, wo sich noch kein Strabismus entwickelt hat, oder doch das abgelenkte Auge, insbesondere beim Schlusse des andern, noch vorzieht, direct, d. h. mit dem gelben Flecke, zu sehen, durch systematische Anwendung starker positiver Gläser immer noch eine ansehnliche Verbesserung der Sehschärfe erzielt werden kann. Es genügt dann das schwächere Auge dreimal täglich durch acht bis zehn Minuten, bei verdecktem zweiten Auge, durch ein starkes Convexglas in der Entzifferung oder im Lesen grosser Buchstaben zu üben. Eine grosse Anzahl von Fällen berechtigt mich zu behaupten, dass der praktische Arzt sich bei dieser Methode selten enttäuscht sehen wird.

Was aber das Sehen des Hypermetropen eigentlich charakterisirt, ist nicht die verminderte Sehschärfe, sondern der abnorme Refractionszustand, welcher eine andere Anwendung des Accommodationsvermögens erfordert. Nach alldem, was ich schon angeführt habe, bleibt darüber nur wenig mehr zu sagen übrig. Es ist leicht einzusehen, dass der Hypermetrop seine Accommodation mit einem Deficit beginnt. Der Emmetrop entspannt seine Accommodation so viel wie möglich und sieht dann in unendlicher Entfernung scharf; dann convergirt er und accommodirt spontan für die der Entfernung entsprechende Convergenz, in der Jugend bis auf sechs, fünf, vier Zoll und noch weniger; überall bewegt er sich ungefähr in der Mitte der relativen Accommodationsbreite, welche dem gegebenen Convergenzgrade entspricht. Der Hypermetrop hingegen muss schon, um in die Ferne zu sehen, seine Accommodationskraft in Thätigkeit setzen; und diess ist sein Deficit, denn er muss dann erst für jeden Grad von Convergenz noch ebenso viel von seiner Accommodationsbreite hinzufügen, wie der Emmetrop. Allerdings können wir sagen, dass seine Accommodation sich dem Refractionszustande adaptire; durch die Nothwendigkeit gezwungen, lernt er durch Uebung bei verhältnissmässig geringer Convergenz einen verhältnissmässig grossen Bruchtheil seiner Accommodation in Thätigkeit zu setzen, und kann schliesslich die erhöhte Spannung nicht mehr nach Willkühr fahren lassen; aber bei jedem Convergenzgrade sieht er sich doch fortwährend dem Maximum der entsprechenden möglichen Spannung näher, und sowohl sein absoluter, wie sein binocularer Nahpunkt liegt weiter vom Auge, als bei Emmetropie. Und überdiess gilt diess Alles nur für die facultative Hypermetropie der Jugend; da kann jede wahrnehmbare Störung noch fehlen, da können die Augen noch ihre tägliche Pflicht erfüllen, so dass keine Klage laut wird. Aber mit den Jahren, während die absolute Accommodationsbreite abnimmt, reicht die relative Accommodationsbreite für eine bestimmte Convergenz nicht mehr aus; nun tritt rasch Ermüdung ein, und wir beobachten selbst bei den leichtesten Graden von Hypermetropie vorzeitige Presbyopie, welche um so mehr den Charakter der Asthenopie trägt, je höher der Grad der facultativen Hypermetropie ist, und je früher die Zeit eintritt, in welcher sich bei der Beschäftigung mit nahen Gegenständen Beschwerden zeigen. — Viel schlimmer steht es in Fällen

von relativer Hypermetropie. Hier kann, wie wir gesehen haben, noch für parallele und selbst für divergirende Strahlen accommodirt werden, aber nur unter der Bedingung, dass die Augen nach einem Punkte convergiren, welcher näher ist, als jener, von welchem jene Strahlen ausgehen. Dabei schliessen sich binoculäres und deutliches Sehen gegenseitig aus. Bei excessiver Convergenz ist monoculäres deutliches Sehen noch möglich; aber im Allgemeinen wird davon nicht Gebrauch gemacht, und wenn es geschieht, so ist periodischer und endlich bleibender Strabismus zugegen. Bei sehr jungen Individuen ist relative Hypermetropie wohl sehr ungewöhnlich, und es muss ein sehr ansehnlicher Grad dieser Affection sein, welcher bei $\frac{1}{A} = {}^1/_3$ oder ${}^1/_1$ nicht für kurze Zeit überwunden werden kann, und welcher für eine gewisse Convergenz nicht sogar eine genügende binoculäre Accommodation zuliesse. In etwas vorgerücktem Alter aber, sogar schon im 25. Lebensjahre, gehören viele Fälle von Hypermetropie in diese Kategorie. Es wird dann unter wirklich unglückseligen Umständen gesehen. Eigentlich werden weder ferne noch nahe Gegenstände jemals scharf gesehen, und jede Anstrengung zu genauer Unterscheidung hat, von starkem Stirnrunzeln begleitet, rasche Ermüdung zur Folge.

Kranke mit solcher Hypermetropie suchen immer nach der Entfernung herum, in welcher sie verhältnissmässig gut sehen; bald halten sie das Buch weit ab, bald wieder näher, manchmal bis auf zwei bis drei Zoll von dem Auge, aber selbst wenn der Druck gross und deutlich ist, sehen sie sich gezwungen, ihre Versuche in kurzer Zeit aufzugeben, und das Buch bei Seite zu legen.

Sehr helles Licht bringt grossen Vortheil, weil bei engerer Pupille die Zerstreuungskreise kleiner werden; und um diess zu erreichen, nehmen sie, wenn auch weniger allgemein, wie die Myopen, auch zu andern Mitteln ihre Zuflucht, indem sie z. B. die Lidspalte verengern. Ich sah einen 8-jährigen, sehr zarten und schwachen Knaben mit Amblyopie des linken Auges und $H = {}^1/_7$ mit sehr geringer Accommodationsbreite des rechten Auges, welcher seine Nase zur Verkleinerung seiner Pupille benützte. Wenn er nämlich, besonders beim Sehen in die Ferne, etwas genau ausnehmen wollte, wendete er den Kopf nach rechts, sah nun mit dem rechten Auge gerade an der Nase entlang und deckte so einen Theil seiner Pupille. Ich brauche wohl nicht zu sagen, wie unbeschreiblich glücklich wir solche Menschen durch entsprechend gewählte Brillen, die eine natürliche Ergänzung ihrer Augen sind, und die ihnen so lange vorenthalten worden, machen.

Absolute Hypermetropie ist wohl kaum je mit normalem jugendlichem Accommodationsvermögen verbunden; mir kamen nur zwei derartige Fälle vor, der eine mit $H = \frac{1}{2 \cdot 97}$, der andere mit $H = \frac{1}{3 \cdot 5}$. Mein Freund William Bowman hat mich ermächtigt, einen Fall mitzutheilen (s. p. 242), in welchem Gläser von $\frac{1}{1 \cdot 7/8}$ für die Ferne in Gebrauch waren; der Grad der Hypermetropie war $= 1 : 1 \cdot 7$, mehr als genug, um sie mit Nothwendigkeit absolut zu machen. Fast alle Fälle von absoluter, so wie die von hochgradiger relativer Hypermetropie bieten vollständig das Bild einer mit Amblyopie complicirten Myopie dar und werden daher oft mit ihr verwechselt. Kleinen Druck können solche Hypermetropen nicht lesen — sie erscheinen also ambly-

opisch —, grossen Druck müssen sie gerade, wie Myopen, ganz nahe ans Auge bringen. — Sie sind jedoch von Myopen dadurch zu unterscheiden, dass sie auf grössere Entfernung Gegenstände ziemlich ebenso gut, d. h. unter demselben Gesichtswinkel, unterscheiden, wie in der Nähe; und ferner auch dadurch, dass sie mit positiven Gläsern denselben Druck in grösserer Entfernung, als ohne dieselben wahrnehmen. Das Räthsel, dass das hypermetropische Auge kleine Gegenstände in grosser Nähe besser sieht, als in einer gewissen Entfernung, etwa von einem Fuss, wurde von v. Graefe*) zum Theil durch eine einfache Berechnung gelöst, aus welcher erhellt, dass in solchen Augen bei Annäherung der Gegenstände die Netzhautbilder rascher an Grösse zunehmen, als die Zerstreuungskreise, so dass also die Form des Gegenstandes besser beurtheilt werden kann. Andern Theils liegt der Grund auch darin, dass wir es mehr mit Polyopie, als mit gewöhnlichen Zerstreuungskreisen zu thun haben. Von der Richtigkeit jener Thatsache können wir uns leicht überzeugen, indem wir uns durch Vorsetzung von negativen Gläsern stark hypermetropisch machen, und dann ohne die Accommodation zu ändern, grosse Buchstaben in verschiedenen Entfernungen vor das Auge bringen. Wir werden dann in grosser Nähe besser sehen, als z. B. in der Entfernung von einem Fusse. Zu gleicher Zeit werden wir aber auch finden, dass wir rücksichtlich des Erkennens von Gegenständen weit hinter jenen Hypermetropen zurückstehen, deren Refractionszustand wir künstlich an uns erzeugt haben. Die Ursachen dieser Erscheinung sind mannigfach. Vor Allem accommodirt der Hypermetrop in solchem Falle so kräftig wie möglich und ist dazu bei Convergenz auf einen sehr nahen Punkt besonders befähigt; in Folge dessen wird auch seine Pupille enger. Ueberdiess verringert er den Einfluss seiner Zerstreuungskreise noch mehr durch Verschmälerung der Lidspalte und bewirkt wahrscheinlich dadurch, dass sich aus der Ebene des polyopischen Bildes ein Bild stärker abhebt. In manchen Fällen spielt auch der reguläre Astigmatismus seine Rolle, und endlich hat er durch Uebung gelernt, aus unvollkommenen Netzhautbildern die wahre Gestalt der Objecte zu abstrahiren. Ich glaube, dass wir uns in dieser Weise die verhältnissmässig bedeutende Fähigkeit hochgradiger Hypermetropen, sehr nahe Gegenstände genau zu unterscheiden, erklären können, ohne zu der Annahme der etwas mysteriösen Fähigkeit, Zerstreuungskreise unterdrücken oder verarbeiten zu können, unsere Zuflucht nehmen zu müssen.

Aus dem Vorhergehenden folgt, dass der Verdacht auf Vorhandensein geringer Grade von Hypermetropie hauptsächlich durch die Symptome der Asthenopie, der wichtigsten Folge von Hypermetropie, geweckt wird, zu deren Betrachtung wir jetzt übergehen.

§ 22. Asthenopie.

Schon lange hat dieser eigenthümliche Krankheitszustand der Augen die Aufmerksamkeit der Ophthalmologen auf sich gezogen. Die Symptome dieses Uebels sind in hohem Grade charakteristisch. Das Auge hat ein durchaus normales Aussehen, seine Bewegungen sind ungestört, die Convergenz der Sehlinien ist nicht erschwert, die Sehschärfe ist gewöhnlich vollkommen, — und doch werden beim Lesen, Schreiben und andern Arbeiten in der Nähe,

*) Arch. f. O. II., 1. p. 181.

besonders bei künstlicher Beleuchtung oder in einem dunkeln Gemache, die betrachteten Gegenstände nach kurzer Zeit ungenau und verschwommen gesehen, ein Gefühl der Ermüdung und der Spannung in und besonders ober den Augen tritt ein und nöthigt zur Unterbrechung der Arbeit. Wer daran leidet, schliesst nun oft unwillkührlich die Augen und reibt sich Stirn und Augenlider. Nach einigen Augenblicken der Ruhe sieht er wieder gut; aber dieselben Symptome treten bald wieder, doch diessmal nach kürzerer Zeit, ein. Je länger die Ruhe gedauert, desto länger kann er wieder mit seiner Arbeit fortfahren. So beginnt er nach der Sonntagsruhe die Arbeit der neuen Woche mit frischem Eifer und frischer Kraft, sieht sich jedoch bald aufs Neue enttäuscht. Wenn man nicht genöthigt ist, sich mit nahegelegenen Gegenständen zu beschäftigen, scheint das Sehvermögen normal zu sein, und jedes unangenehme Gefühl fehlt. Wenn man aber trotz der eintretenden Unbequemlichkeiten durch kräftige Anstrengung seine Arbeit fortzusetzen versucht, so nehmen die Symptome mehr und mehr zu: das Gefühl der Spannung ober den Augen wird zum wirklichen, peinigenden Schmerze, manchmal folgt sogar leichte Röthung der Augen und Thränenfluss, und der Kranke bemerkt nun zum ersten Male, dass er auch in die Ferne nicht mehr so gut sieht, wie früher. Hat die Anstrengung zu lange angedauert, so ist man genöthigt, sich längere Zeit hindurch jeder Arbeit in der Nähe zu enthalten. Auffallend ist, dass, auch nach grösserer Anstrengung, in den Augen selbst nur selten Schmerz auftritt.

Dieser Zustand wurde anfangs als eine Art von Amblyopie aufgefasst und wurde Hebetudo visus, Amblyopie presbytique oder Amblyopie par presbytie genannt. Nach und nach suchte man die Ursache mehr in den bei der Accommodation betheiligten Organen, anfangs in der Action der äussern, später in der der innern muskulösen Gebilde, und in demselben Maasse trat dabei die Wichtigkeit der Netzhaut in den Schatten. Zu grosse Anstrengung der Accommodation ward als genügende Ursache für diese lästigen Symptome betrachtet, und man hoffte durch Ruhe Heilung erzielen zu können.

Augenscheinlich wurde jedoch, so lange man diese Ursache zur Erklärung des Entstehens der Asthenopie für genügend erachtete, die Thatsache übersehen, dass Tausende in gleicher Weise, ja noch in höherem Grade, ihre Accommodationskraft anstrengen, ohne je von den lästigen Symptomen der Asthenopie oder der geschwächten Sehkraft heimgesucht zu werden, und dass andererseits diese Symptome bei Erwachsenen, ja selbst bei Kindern auftreten, welche nur einen sehr bescheidenen Gebrauch von ihrer Accommodationskraft gemacht hatten.

Wo dieselbe Ursache nicht immer dieselbe Wirkung zur Folge hat, pflegen die Autoren zu einer besondern Praedisposition ihre Zuflucht zu nehmen und schieben so die Schwierigkeit bei Seite. Wenn aber die Grundlage dieser besondern Praedisposition dunkel und unbekannt bleibt, gewinnt auch die Pathogenie durch diese Annahme nur sehr wenig. Ich fühlte mich in Folge dessen veranlasst, mir selbst die Frage vorzulegen, wovon wohl diese sogenannte Praedisposition zur Asthenopie (denn so wurde der Zustand jetzt meistens bezeichnet) abhängig sei, und kam bald zu der Ueberzeugung, dass ihr eine angeborne Abnormität, nämlich ein mässiger Grad von Hypermetropie, zu Grunde liege. Die Hypermetropie ist hier jedoch mehr als

Praedisposition, denn die Asthenopie — ich verstehe darunter die Neigung zur Ermüdung beim Sehen in die Nähe — ist schon vollständig in derselben inbegriffen. Jede Hypermetropie, welche im Verhältniss zur Accommodationsbreite einen gewissen Grad erreicht hat, ist zu gleicher Zeit Asthenopie. Wenn die Symptome manchmal erst mit dem 25. Jahre oder noch später auftreten, so ist diess nur dem Umstande zuzuschreiben, dass die Accommodationsbreite bis zu der Zeit genügend gross war, um den bestehenden Grad von Hypermetropie zu überwinden. Man hüte sich vor der Verwechslung von bedingender Ursache und Veranlassung. Die Veranlassung der Symptome besteht in der fortwährenden Anstrengung beim Sehen in die Nähe, die Ursache des Leidens ist aber der hypermetropische Bau des Auges. Und in der That ist die Asthenopie nicht die Ermüdung selbst, sondern der Mangel an Kraft, welcher die Ermüdung bedingt. Der eben gemachte Unterschied lässt sich auch auf andere Zustände anwenden.

Wenn Jemand beim Bergsteigen bald ermüdet, so ist die Anstrengung wohl die nächste Veranlassung für die Ermüdung. Die Ursache aber muss in dem mit Rücksicht auf das Körpergewicht zu geringen Arbeitsvermögen seiner Muskeln gesucht werden. Dieses Missverhältniss besteht zu jeder Zeit, auch dann, wenn der Betreffende keine Berge besteigt. Ja es kann sogar durch Uebung theilweise wieder ausgeglichen werden; nach wiederholter übermässiger Anstrengung ohne genügende Unterbrechung tritt aber die Ermattung noch früher ein, als zuvor. Ebenso verhält sich die Hypermetropie zur Asthenopie; jede übermässige Anstrengung erheischt längere Ruhe, vollkommener Mangel an Uebung ruft jedoch beim ersten Versuche die Symptome noch geschwinder hervor. Die Analogie ist vollkommen.

Ich habe schon früher behauptet, dass der Asthenopie gewöhnlich Hypermetropie zu Grunde liege. Man hat gegen die Richtigkeit dieser Behauptung Zweifel erhoben. Jetzt aber gehe ich noch einen Schritt weiter und wage den Satz aufzustellen, dass in der reinen Form der Asthenopie Hypermetropie fast nie fehlt.

Die Zweifel, welche ausgesprochen wurden, sind einerseits einer ungenauen Untersuchung zuzuschreiben, — die Beobachter fanden nämlich bisweilen keine *Hm* und unterliessen es, zu untersuchen, ob die Hypermetropie nicht durch Accommodation unterdrückt werde, — andererseits der Verwechslung mit andern Krankheitsformen. Ich gebe gerne zu, dass sehr verschiedenartige Zustände unter dem Namen Hebetudo oder Asthenopia zusammengefasst worden sind. So glaubten Manche schon zur Annahme von Asthenopie berechtigt zu sein, wenn nach andauernder Anstrengung Unbehagen auftrat. Nach dieser Definition konnten verschiedene Formen der Reizung, Congestionszustände bei myopischen Augen, Hyperaesthesien mit durch Anstrengung zunehmenden Schmerzen, verschiedene Affectionen der Netz- und Gefässhaut, ja sogar das beginnende Trachom und fremde Körper im Bindehautsacke, alle unter einer Bezeichnung vereinigt werden. Ich konnte mich jedoch einer solchen primitiven Semiotik nicht anschliessen, denn sie führte unfehlbar zu Verwirrung der Ideen und der Thatsachen. Als ich die Behauptung aufstellte, dass Asthenopie eine Folge des hypermetropischen Baues des Auges sei, war mir die Asthenopie nicht ein blosses Symptom, sondern ein Krankheitsbild, wie ich es oben gezeichnet habe, und in diesem

Sinne kann ich meine Behauptung vollständig aufrecht erhalten. Im Allgemeinen laufen wir wenig Gefahr, mehr als einen Krankheitszustand zu finden, welchem ein Krankheitsbild entspricht, wenn dasselbe nur treu und volkommen nach der Natur entworfen wurde.

Jetzt, nachdem thatsächlich bewiesen ist, dass Asthenopie von Hypermetropie abhängt, erscheint sie als eine so natürliche Folge derselben, dass sich der Schluss a priori aufzudrängen scheint. Die gewöhnlichen Beschäftigungen der Jugend erheischen eine ausserordentliche Accommodationsanstrengung. Von Jugend auf sucht das Auge den an dasselbe gestellten Anforderungen, so weit es in seiner Macht liegt, zu entsprechen, so dass die Grenzen der Accommodationsbreite dadurch verschoben, und die Hypermetropie sogar zum Theil latent wird. Doch genügt diess zuletzt nicht mehr. Die Abnahme der Accommodationsbreite mit zunehmenden Jahren erklärt diess auf befriedigende Weise. Schritt für Schritt stellt sich dann die Asthenopie ein, anfangs nur bei ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen, bei ausserordentlicher Anstrengung oder bei Kopfschmerzen, nach und nach aber zeigt sie sich bei allen Gelegenheiten und ohne Ausnahme, wenn andauerndes Arbeiten, auch nur für verhältnissmässig kurze Zeit, gefordert wird. Im Allgemeinen zeigen sich die Symptome der Asthenopie um so früher, je höher der Grad der Hypermetropie ist, von welcher sie abhängt. Ich fand, dass das Lebensjahr, in welchem Asthenopie auftritt, ziemlich dem Nenner des Bruches entspricht, durch welchen die bedingende Hypermetropie bezeichnet wird; bei $H = {}^1/_{10}$ könnten wir mit dem zehnten, bei $H = {}^1/_{25}$ nicht vor dem 25. Lebensjahre den Beginn der Asthenopie erwarten, bei $H = {}^1/_{40}$ verbindet sie sich ums vierzigste Jahr herum mit Presbyopie, und die Symptome werden dann weniger charakteristisch. Endlich, wo Hypermetropie fehlt, entwickelt sich die Presbyopie, wie wir oben (p. 181) gesehen, nicht unter Beschwerden der Ermüdung, sondern vielmehr unter denen des unvollkommenen Sehens für die Nähe. Diess ist ganz natürlich.

Asthenopie hängt von dem Umstande ab, dass nicht nur beim Sehen in eine Entfernung von 6, 8 bis 10 Zoll, sondern von 12, 16 und 20 Zoll, ja sogar in unendliche Ferne, eine besondere Anstrengung der Accommodationskraft nöthig wird, während dagegen beim Beginne der Presbyopie im normalen Auge das Sehen auf 8″ unmöglich, auf 12″ oder höchstens auf 16″ aber ohne besondere Anstrengung von Statten geht, und auf grosse Entfernung die schwächsten positiven Gläser sogar schon die S herabsetzen. Dem hypermetropischen Auge geschieht daher durch das Entfernen eines Gegenstandes um mehrere Zolle ein geringer oder gar kein Gefallen, während das presbyopische Auge dadurch jeder ungewöhnlichen Anstrengung enthoben wird. Jenes muss die Arbeit unterbrechen, während dieses sie ohne Beschwerde fortsetzt, vorausgesetzt dass der Gesichtswinkel für die Entfernung von 16″ nicht zu klein ist. Indem das presbyopische Auge im Beginne der Anstrengung nur in grösserer Entfernung genau sieht, so leuchtet die Nothwendigkeit von Brillen, um in kürzerem Abstand deutlich sehen zu können, von selbst ein, dagegen kann das hypermetropische Auge anfangs in der Nähe sehr gut unterscheiden, und desshalb wurde die Nothwendigkeit von Brillen, die in diesem Falle das deutliche Sehen in jeder Entfernung erleichtern würden, häufig ganz übersehen.

Ueber diesen Unterschied zwischen Presbyopie und Hypermetropie gibt das Verhalten der relativen Accommodationsbreite des emmetropischen Auges

im Beginne der Presbyopie genügenden Aufschluss. Jenseits des binocularen Nahpunktes wächst bei beginnender Presbyopie der positive Theil der relativen Accommodationsbreite rasch in beträchtlichem Grade, während er bei Hypermetropie nur langsam zunimmt und bei jeder Convergenz nur einen sehr untergeordneten Theil ausmacht. Doch ist damit die Frage noch nicht erschöpft. Ich ging vorläufig von der Annahme aus, dass für dasselbe Auge auch eine gleiche Anstrengung des Muskelapparates erforderlich sei, um gleiche Strecken der Accommodationsbreite zurückzulegen, was doch keineswegs ganz richtig ist. Sowohl der complicirte Mechanismus, als die Art und Weise der Thätigkeit, die nöthig ist, um den Effect zu erreichen, lassen es beinahe unbegreiflich erscheinen, dass ein derartiges genaues Verhältniss bestehen könne; besonders bei presbyopischen Personen, deren Linse dichter geworden und allmälig vorwärts gerückt ist, ist es durchaus nicht zu erwarten. Die Folge davon ist, dass im Verhältniss zu ihrer Grösse der positive Theil der relativen Accommodationsbreite bei Presbyopen mehr Muskelspannung repräsentirt, als der negative; und es kann daher bei ihnen zwischen beiden Theilen ein viel ungünstigeres Verhältniss bestehen, als im jugendlichen Auge, ohne dass so frühzeitig Ermüdung auftreten muss.

Die Bedingung für das Auftreten von Asthenopie kann nun noch allgemeiner formulirt werden: sie besteht im Vorhandensein einer ziemlich beträchtlichen, aber zu gleicher Zeit ungenügenden Accommodationsbreite. Nun ist, wie schon des Weitern ausgeführt wurde, diese Insufficienz im Allgemeinen ein Attribut der Hypermetropie, kann jedoch auch durch Mangel an Muskelenergie bedingt sein. Dieser tritt ausnahmsweise auf, besonders bei Zuständen allgemeiner Schwäche, unter andern in Folge von Blutverlust und bei Paresen. Für diese beiden Zustände ist es charakteristisch, dass eine kurze, aber kräftige Muskelanstrengung möglich, die Energie aber fast augenblicklich erschöpft ist. Wir beobachten diess bei allen Muskeln, folglich auch bei denen des Auges. Ein halb gelähmter Arm kann noch kräftig gehoben werden, aber er sinkt unmittelbar darauf machtlos hinab; eine einzige beinahe krampfhafte Contraction hat, wie es scheint, die ganze Muskelkraft erschöpft. In derselben Weise accommodirt sich das Auge auf einen Moment für einen nahen Punkt, aber unmittelbar darauf folgt Erschlaffung, und jede andauernde Spannung ist unmöglich. Wir können jetzt leicht einsehen, wie unter schwächenden Einflüssen, z. B. nach erschöpfenden Krankheiten, nach Blutverlusten, Symptome auftreten, welche die grösste Aehnlichkeit mit der in Folge von Hypermetropie sich zeigenden Asthenopie haben. Diese Symptome treten besonders rasch und in sehr charakteristischer Weise auf, wenn ein leichter Grad von Hypermetropie, der bis dahin durch kräftige Accommodation leicht überwunden wurde, vorhanden ist. Dasselbe gilt auch, wie ich später auseinandersetzen werde, von der Accommodationsparese. Fehlt in solchen Fällen Hypermetropie vollständig, so ist dieser Zustand von der gewöhnlichen Asthenopie nebst andern durch den Umstand zu unterscheiden, dass wenigstens das Sehen in die Ferne ohne Accommodationsanstrengung, daher für längere Zeit möglich ist, was bei vorhandener Hypermetropie nicht der Fall ist. Freilich entwickeln sich die Symptome um so rascher, je näher am Auge die Objecte gehalten werden müssen (ist doch für den binocularen Nahpunkt selbst ein

mächtig accommodirendes emmetropisches Auge asthenopisch), würden aber dem Hypermetropen auch beim Sehen in die Ferne nicht fehlen, wenn er genöthigt wäre, längere Zeit hindurch ununterbrochen für einen entfernteren Gegenstand genau zu accommodiren. Ich bin überzeugt, dass jene asthenopischen Kranken, welche angeben, dass sie unter gewöhnlichen Verhältnissen keine Beschwerden fühlen und in die Ferne gut sehen, von Zeit zu Zeit ihre Accommodation entspannen und sich auf diese Weise vor Ermüdung schützen. Dem entsprechend behaupten manche Kranke, wie schon Mackenzie bemerkte, dass entfernte Gegenstände, wenn sie dieselben auch scharf fixiren, von Zeit zu Zeit undeutlich werden, was, ich wiederhole es, selbst dann mit Emmetropie unvereinbar ist, wenn das ganze Accommodationsvermögen schon verloren gegangen wäre.

Es gibt aber noch andere Krankheiten, deren Symptome mit denen der Asthenopie einige Aehnlichkeit haben.

Zu diesen gehört besonders die Insufficienz der Mm. recti interni, welche von v. Graefe*) mit so ausgezeichnetem Erfolge untersucht wurde, und auf welche ich bei Besprechung der Bewegungen myopischer Augen, bei denen dieses Uebel hauptsächlich vorkommt, wieder zurückkommen werde. Diese Form wurde von v. Graefe unter der Bezeichnung der muskulären Asthenopie von der hier beschriebenen Form, die den Namen der accommodativen Asthenopie führen mag, unterschieden. — Auch beim Astigmatismus werden wir auf Symptome stossen, die denen der Asthenopie ähnlich sind, und ich werde geeigneten Orts versuchen festzustellen, in wie weit sich jedes dieser Krankheitsbilder durch besondere Eigenthümlichkeiten charakterisirt.

Ein Emmetrop kann sich leicht eine Vorstellung von der Art und Weise, wie Hypermetropen sehen, und von den Bedingungen und Symptomen der Asthenopie bilden, wenn er seine eigenen Augen durch entsprechende Concavgläser hypermetropisch macht. Die einzige nothwendige Bedingung dabei ist, dass er über ein ziemlich gutes Accommodationsvermögen verfügen kann. Die Neigung, dasselbe anzuspannen, tritt unmittelbar, und, wie es scheint, unfreiwillig auf. Bei einer gewissen Stärke des negativen Glases sieht er unter jedem Convergenzwinkel deutlich und scharf, indem er seine Accommodation um den Grad der künstlichen Hypermetropie vermehrt. Die Ermüdung wird aber auch nicht ausbleiben, und er wird sich leicht von der Schwierigkeit, selbst in die Ferne andauernd genau zu sehen, überzeugen. — Junge Myopen brauchen nur zu starke negative Gläser zu nehmen, um sich in dieselbe Lage zu versetzen. Hat aber ein Myop das 50. Jahr überschritten, so braucht er nur seine Myopie zu neutralisiren und kann an sich die Erscheinungen der Presbyopie studiren; die Erscheinungen der Asthenopie treten aber bei ihm nicht mehr auf.

Es wird dem Leser klar geworden sein, dass die Symptome der Asthenopie von nichts Anderem, als von Ermüdung des Accommodationsmuskels herrühren. Es verdient genauer untersucht zu werden, worin diese Ermüdung besteht.

---

*) Arch. f. O. III, 1, p. 308 und VIII, 2, p. 314.

Bei meinen Untersuchungen[1]) über die Elasticität der Muskeln habe ich zwei Formen der Ermüdung unterschieden. Die eine Form entsteht durch die actuelle Energie[2]), die vom Muskel aufgebracht wird, und die Arbeit besteht im Weiterbewegen einer Last, sei diese der Körper selbst, welcher bewegt wird, oder ein Theil desselben, oder endlich ein äusserer Gegenstand, welcher noch zu der Last des Körpers hinzugefügt wird.

Von dieser Ermüdung verschieden ist die zweite Form, welche als Resultat der einfachen Ausdehnung eines contrahirten elastischen Muskels erscheint. Sie tritt ein, wenn eine Last, ohne bewegt zu werden, getragen wird, z. B. wenn die Hand durch ein Gewicht belastet wird, während der Arm im Ellbogengelenke rechtwinklig gebogen ist; Arm und Last bleiben an demselben Orte, und doch tritt bald Ermüdung ein. In dem Momente, als das Gewicht aufgelegt wurde, musste in der That eine gewisse Summe actueller Energie (chemische Action der Muskeln) aufgebracht werden, um den Arm unverrückt in derselben Stellung zu erhalten; die Muskeln (Mm. biceps et brachialis internus) mussten sich stärker contrahiren, um bei dem durch das Gewicht herbeigeführten Zustande der Dehnung ebenso kurz zu bleiben, wie früher, und es wurde auf diese Weise actuelle Energie (chemische Action) in potentielle Energie (elastische Dehnung) umgewandelt. Noch mehr, es nimmt die Muskelcontraction nach und nach in dem Grade zu, welchen die, die zunehmende Ermüdung der Muskeln begleitende, grössere Ausdehnbarkeit erfordert. In der That wurde nachgewiesen, dass, der grösseren Ermüdung entsprechend, die Ausdehnbarkeit der Muskeln wächst, und dass die in dieser Weise zunehmende Ausdehnbarkeit wieder eine Vermehrung der Contraction erfordert, um, bei gleichbleibendem Zuge derselben Last, die Muskeln in der ursprünglichen Verkürzung zu erhalten. Diess wird dadurch noch klarer, dass bei unerwarteter Hinwegnahme der Last der Arm, in Folge der vorangegangenen Ausdehnung der elastischen, contrahirten Muskelfasern, unwillkührlich gebeugt wird, und zwar um so kräftiger, je länger die Last auf der Hand geruht hatte, indem nun wieder die potentielle Energie des ausgedehnten Muskels in actuelle umgewandelt wird. Endlich zeigt sich auch fortwährend actuelle Energie in den Schwankungen der elektrischen Ströme, welche die negative Ablenkung der tetanisirten (contrahirten) Muskeln und Nerven erzeugen, und diese wird höchst wahrscheinlich in Wärme umgesetzt. Es entstand daher auf mehr denn eine Art actuelle Energie, ohne sich durch äussere Symptome zu verrathen, während Arm und Gewicht ihren ursprünglichen Stand unverändert behaupten. Aber diese Energie scheint, Alles zusammengenommen, im Vergleiche zu derjenigen, welche beim wiederholten Heben einer Last in Thätigkeit tritt, nur sehr gering zu sein, und ich glaube daher, dass die Ermüdung, die nach wirklicher Arbeit eintritt, von der durch einfache Dehnung bedingten zu unterscheiden sei. Nach dem Gesetze der Erhaltung der Kraft müssen wir im ersten Falle einen grössern Stoffwechsel erwarten, und es scheint die Beschleunigung

[1]) S. die vorläufige Mittheilung in Verslagen en mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen. 1859, IX, p. 113

[2]) Ich gebrauche die Ausdrücke von Rankine, welche auch von John Tyndall adoptirt sind (Heat considered as a mode of motion. London, 1863, p. 137).

der Herzaction das Maass für denselben abgeben zu können. Ich fand in der That den Pulsschlag viel weniger beschleunigt, wenn ich bei gebeugtem Arme durch einige Minuten ein Gewicht ruhig auf der Hand hielt, als wenn es von Jemand im selben Zeitraume, abwechselnd weggenommen und bei gestrecktem Arme wieder daraufgelegt, und nun durch Bewegung wieder auf die frühere Höhe gehoben wurde. Das Gefühl der Muskelermüdung ist jedoch im letzteren Falle nicht bedeutender, als im ersteren.

Um die Ermüdung, welche in Folge geleisteter Arbeit eintritt, zu erklären, können wir unsere Zuflucht zur Annahme einer Anhäufung von Produkten des Stoffwechsels innerhalb des Muskelgewebes, welche wirklich mit der Ermüdung gleichen Schritt hält, nehmen, während die durch Dehnung bedingte Ermüdung, wenn nämlich die einwirkende Last nicht weiter bewegt wird, wenigstens theilweise andere Quellen haben mag. So kann vielleicht die Dehnung Anlass zu Druck und Zerrung von Nervenfasern in den Muskeln geben, denn es tritt in der That keine Ermüdung ein, wenn auch der Muskel gleich stark contrahirt ist, ohne eine Dehnung durch Last zu erleiden. Wahrscheinlich hängt ferner die Ermüdung bei Dehnung von einer Anhäufung von Produkten des Stoffwechsels im Muskelgewebe ab, welche aber nicht durch eine vermehrte Bildung, sondern durch eine verlangsamte Absorption bedingt ist, denn es sind in der That bei ununterbrochener Contraction die Gefässe comprimirt und die Circulation gehindert, während bei verstärkter Muskelbewegung die Circulation erregter und beschleunigt ist. Die Annahme, dass die Anhäufung von Produkten des Stoffwechsels an der Wirkung Antheil habe, ist schon darum zulässig, weil in beiden Fällen der Elasticitätscoefficient des Muskels abnimmt, und dieser Coefficient, wie ich glaube, mit der Anwesenheit gewisser Produkte des Stoffwechsels in der Nahrungsflüssigkeit des Muskels in Verbindung steht. Doch ist hier nicht der Ort, näher auf diese Frage einzugehen; es genügt, die Aufmerksamkeit auf die Unterscheidung, welche gemacht werden muss, gelenkt zu haben.

Welcher Form von Ermüdung gehört nun jene an, welche entsteht, wenn das hypermetropische Auge, um scharf zu sehen, andauernd accommodirt?

Offenbar haben wir es hier mit andauernder Dehnung des Muskels im Zustande der Contraction zu thun, und die Dehnung ist die Folge des Widerstandes, welcher von jenen Theilen, die bei der Accommodation passiv betheiligt sind, geleistet wird, indem ihre Form und ihre Lage eine Aenderung eingehen. Diese Theile nehmen, sobald die Contraction des Accommodationsmuskels aufhört, in Folge ihrer Elasticität ihre frühere Gestalt und Lage wieder an, und es müssen sich daher die Muskeln, um eine andauernde Accommodation zu erzielen, in permanenter Contraction befinden. Diese permanente Contraction erzeugt Ermüdung, welche, da sie durch Dehnung bedingt wurde, nach den obigen Auseinandersetzungen bei zunehmender Dehnbarkeit ebenfalls wieder zunimmt; in Folge dieses Gesetzes muss nun die Contraction zunehmen, um den Muskel in gleicher Verkürzung und bei gleicher Kraft (im Gleichgewichte mit dem Widerstande) zu erhalten. Früher oder später muss daher die Ermüdung in Erschöpfung übergehen. Ein mässiger Grad von Contraction, so wie er für ein normales Auge nöthig ist, kann ohne Ermüdung fast einen ganzen Tag über erhalten werden. Auch ist ein Grad von Contraction möglich, bei welchem die sich erholende Muskelkraft, pari passu, die durch

Contraction bedingte Ermüdung aufhebt; und in diesem Falle nimmt auch die Dehnbarkeit nicht zu. Diess gilt besonders von unwillkührlichen Muskeln, welche aus Faserzellen bestehen, und zu welchen die innern Augenmuskeln (wenigstens bei Säugethieren) gehören. Aber bei bestehender Hypermetropie wird ein solcher Grad von Contraction benöthigt, dass zunehmende Ermüdung und endlich vollkommene Erschöpfung nicht lange auf sich warten lassen. So wären denn alle Symptome der Asthenopie erklärt, und ich glaube, dass wir keinen Grund haben, noch überdiess entweder zu dem Zustande und der Function der Netzhaut, oder zum Drucke der Augenflüssigkeiten, oder zur Unterdrückung der Circulation unsere Zuflucht zu nehmen.

Auf die Ermüdung durch Arbeit ist, wie oben gesagt worden, dasselbe Gesetz anwendbar; auch hier wird der Elasticitätscoëfficient kleiner, auch hier nimmt in Folge dessen die Ausdehnbarkeit zu. Wirkliche actuelle Arbeit leistet der Accommodationsmuskel dann, wenn das Auge abwechselnd für verschiedene Entfernungen eingestellt wird, was jedoch wohl nie in dem Maasse stattfindet, dass daraus Ermüdung entstünde.

Was sind nun die Folgen der andauernden excessiven Accommodationsanspannung bei Asthenopie?

Besonders in früherer Zeit wurden die fürchterlichsten Folgen geweissagt. Asthenopie wurde als erste Stufe zur Amblyopie betrachtet, oder doch wenigstens mit derselben in Zusammenhang gebracht; und die Amblyopie bedrohte, wie man annahm, das asthenopische Auge mit Zerstörung, falls dasselbe nicht zu absoluter Ruhe verhalten wurde. Aber gerade die Art, wie die Asthenopie zu jener Zeit behandelt wurde, dass nämlich die Augenärzte den Kranken keine oder ungenügende Brillen gaben, setzte mich in den Stand, mich von der Grundlosigkeit jener Befürchtungen zu überzeugen. Ich habe Hunderte von asthenopischen Kranken gesehen, welche von früher Jugend bis in ihr 30. oder 40. Jahr, manche noch länger, Tag für Tag von Neuem, ohne oder mit zu schwachen Brillen, hartnäckig ihre Accommodation aufs Höchste anspannten, und nie habe ich bei solchem Vorgehen eine Abnahme der Sehschärfe bemerkt. Auch hat es den Anschein, als wenn Hypermetropie in der That eine gewisse Immunität gegen manche Krankheiten, welche das Sehvermögen bedrohen, genösse, und es ist gewiss, dass selbst bei excessiver Accommodationsanstrengung die Netzhaut nicht in Gefahr gebracht wird. — In seltenen Fällen, vielleicht in einem unter tausend, beobachtete ich, dass, bei jeder Bemühung in der Nähe zu sehen, fast unmittelbar darauf heftige Schmerzen im Auge auftraten, die offenbar mit der Contraction des Accommodationsmuskels im Zusammenhange standen und den Kranken direct zwangen, von der Arbeit abzustehen. Selbst der Gebrauch von Gläsern nützte ihm nicht, denn nahe Objecte können immer nur unter Convergenz gesehen werden, und die Accommodationsspannung für diese Convergenz war schon genügend, jene Schmerzen hervorzurufen. Diese bemerkenswerthen Fälle, deren Heilung durch regelmässiges Einträufeln von Atropinlösung, welches die Accommodation vollkommen aufhob, während starke Gläser in der Zeit die Arbeit ermöglichten, herbeigeführt wurde, werde ich noch, bei Besprechung der Anomalien der Accommodation, ausführlicher beschreiben.

Ein klarer Beweis, dass weder die Natur, noch die Ursachen der Erscheinungen der Asthenopie trotz der darauf gerichteten vielfachen Versuche vollständig sichergestellt waren, liegt wohl schon in der Reihe der Benennungen, mit welchen dieser Zustand von den verschiedenen Autoren bezeichnet wurde. Sie sind fast unzählbar: Taylor nennt den Zustand Debilitas visus; Plenck, Amblyopia a topica retinae atonia; Wenzel, Affaiblissement de la vue; Jüngken, Hebetudo visus oder Gesichtsschwäche; Stevenson, Dulness of sight; Scarpa, Debolezza di vista per stanchezza di nervi; Middlemore, Dimness of vision; Walther, Visus evanidus; Tyrrel, Impaired vision; J. J. Adams, Amaurosis muscularis; Lawrence, Affection of the retina from excessive employment; Bonnet, Lassitudo ocularis oder Disposition à la fatigue des yeux; Pétrequin, Kopiopie oder Ophthalmokopie; Chelius, Schwäche der Augen; Sichel, Amblyopie presbytique oder par presbytie; Arlt, Languor oculi; Smee, Slowly adjusting sight; Cooper, Impaired vision from overwork u. s. w.

Unsere Kenntniss über Asthenopie begann mit der Kenntniss der Symptome dieses Leidens. Nach und nach wurde die Beschreibung desselben treuer und genauer, und was nicht dazu gehörte, wurde ausgeschieden. Es ist klar, dass bei einem Zustande, wie dieser ist, welcher einen Theil des unbestimmten Begriffes der Gesichtsschwäche ausmacht, mit vielen Complicationen einhergeht und zahlreiche, von dem Lebensalter und von dem Gebrauche der Augen abhängende Verschiedenheiten darbietet, das typische Bild desselben nur mit grossen Schwierigkeiten entworfen werden konnte, so lange der Grund des Hauptsymptomes der Erkrankung, und damit auch ihr Wesen, unbekannt war. So war es möglich, dass, obwohl schon Taylor (Nova Nosographia Ophthalmica. § 189, p. 151. Hamburgi et Lipsiae, 1766) eine gute Beschreibung in folgenden Worten gegeben hatte: „dantur exempla, ubi statim ab initio lectionis, et post eam, litterae confuse permixtae videantur, et hinc legentes a lectione prohibeantur, quod etiam acu subtili nentibus, vel aliud quodcunque negotium, ejusmodi longam axeos directionem certum versus objectum quoddam requirens, tractantibus, accidere solet“, — die gut gezeichneten Umrisse des Krankheitsbildes abermals durch unwesentliche Symptome verwischt und mit denen der Amblyopie vermengt wurden. Dem entsprechend wurde auch die Ursache der Erkrankung in der Netz- oder in der Aderhaut gesucht. Dass Plenck (Doctrina de morbis Oculorum, p. 188. Viennae, 1792) es that, ist schon aus seiner Benennung, Amblyopia a topica retinae atonia, ersichtlich.

Scarpa (Trattato delle principale Malattie degli Occhi. Vol. II, p. 241. Pavia, 1816) sieht in der Erkrankung eine Ermüdung der Nerven, und zwar besonders jener, welche in directer Beziehung zum Sehen stehen; und wenn man das von Beer entworfene Bild (Lehre von den Augenkrankheiten, Theil II, p. 17. Wien, 1817) als hinreichend charakteristisch annehmen kann, so können wir auch von ihm sagen, dass er die Sehstörung einer Schwäche der Netzhaut oder einer Aenderung ihres Gewebes zuschreibt. Lawrence (Treatise on the Diseases of the Eye, p. 566. London, 1841) behauptet ebenfalls, ohne die Natur des Leidens näher zu erklären, dass der Sitz desselben in der Netzhaut oder vielleicht primär in der Gefässhaut zu suchen sei, und hebt dennoch deutlich hervor, dass, da die Sehschärfe vollkommen ist, die Asthenopie unrechtmässiger Weise mit der Amblyopie in eine Klasse gestellt wird; und Tyrrel (Practical Work on the Diseases of the Eye. Vol. II, p. 25. London, 1840) sucht mehr durch die Anzahl, als die Wichtigkeit seiner Argumente nachzuweisen, dass die Hauptursache in einem vorhergegangenen Congestionszustande der Gefässhaut, die sich selbst bis zur Chorioiditis steigern könne, liege.

Anfangs ist Sichel (Traité de l'ophthalmie, la cataracte et l'amaurose, p. 646. Paris, 1837) noch weiter von der Wahrheit entfernt. Er betrachtet die Erkrankung als Beginn der Amblyopie: „le premier degré d'amblyopie où le malade voit parfaitement ou presque parfaitement bien, mais où la vue ne supporte pas la moindre fatigue et se trouble, dès que le malade applique les yeux pendant quelque temps ou même pendant quelques minutes.“ Jüngken (Die Lehre von den Augenkrankheiten, p. 780. Berlin, 1832) unterscheidet freilich seine Hebetudo visus, von welcher er nicht weniger als zehn Varietäten annimmt, von der eigentlichen Amblyopie und bemerkt sehr richtig, dass sie von den

Amblyopien dadurch unterschieden sei, dass bei den letzteren „das Sehvermögen bereits gelitten hat, dass der Kranke überhaupt die Gegenstände nicht mehr deutlich zu erkennen vermag, was bei der Gesichtsschwäche (Asthenopie) keineswegs der Fall ist", aber er fügt hinzu: „es kann diese letztere in eine Amblyopie übergehen, und diess pflegt immer der Fall zu sein, wenn ihre Ursachen nicht gehoben werden".

Bei Bonnet (Gazette médicale de Paris, 4. September, 1841) und besonders bei Pétrequin (Ann. d'Oculi., V, p. 250 und VI, p. 72, 1841 und 1842) finden wir zum ersten Male die Netzhaut ausgeschlossen und die Hauptursache der Asthenopie in das Muskelsystem des Auges, insbesondere in den Accommodationsmuskel, verlegt. Die äussern Muskeln wurden von ihnen in den Vordergrund gestellt; und, zu sehr eingenommen von der Idee, durch Tenotomie die Asthenopie zu heilen, dachten sie mehr an einen schädlichen Druck der Muskeln auf das Auge, als an Ermüdung. Mackenzie (Mémoire sur l'asthénopie ou l'affaiblissement de la vue. Ann. d'Oculi., X, pp. 97, 155) kommt in seiner bemerkenswerthen Abhandlung ebenfalls zu dem Schlusse: „que ce sont les organes ou l'organe d'ajustement, qui sont affectés dans cette maladie, et qui en sont probablement le siége principal". Er hätte vielleicht gewagt, die Netzhaut auszuschliessen, aber er glaubte, bemerkt zu haben, dass auch Myopen der Asthenopie unterworfen seien, und dass Convexgläser die Träger derselben nicht gegen die Angriffe der Erkrankung schützen. An einer andern Stelle lesen wir wieder (Practical Treatise, 1854. p. 984. 4. Ausgabe): „Were it entirely a disease of the apparatus of accommodation, looking through a small aperture, by making the use of the accommodating power unnecessary for the time, would make vision distinct." Es schien daher vollkommen logisch zu sein, den Sitz der Erkrankung nicht ausschliesslich in der Accommodation zu suchen. Die Beobachtung war aber ungenau, denn die Beschwerden, welche Myopen manchmal empfinden, stellen eine andere Form von Erkrankung dar, und wir haben überdiess Ursache zu glauben, dass Mackenzie bei manchen seiner Kranken mit Unrecht Myopie angenommen habe; was die Anfälle während des Gebrauches von Convexgläsern betrifft, werden wir sehen, dass Mackenzie zu furchtsam war, um Gläser von genügender Stärke zu geben, während Asthenopie durch den Gebrauch zu schwacher Gläser nicht beseitigt wird; und endlich sehen asthenopische Kranke, wenn sie ermüdet sind, wirklich durch eine kleine Oeffnung verhältnissmässig gut und leicht.

Von dieser Zeit an finden wir Ermüdung der Accommodation von verschiedenen Schriftstellern wenigstens als mitwirkende Ursache aufgeführt. Sichel (Leçons cliniques des lunettes et des états pathologiques, consécutifs à leur usage irrationel. Bruxelles, 1848) hatte wohl noch immer keine richtige Vorstellung von Accommodation, aber er war doch schon zur Ueberzeugung gelangt, dass seine Amaurose presbytique, welche er nun selbst für identisch mit Asthenopie erklärt, blos in presbyopischen Augen vorkomme und hält diesen Satz mit Recht gegen Mackenzie aufrecht; nebenbei aber behält er noch immer die Verbindung mit Amblyopie bei und glaubt, dass Asthenopie leicht in unheilbare Amaurose übergehen könne.

Mit gutem Erfolge wurde das Einbeziehen der Netzhaut bei Asthenopie von Böhm (Das Schielen, p. 117) noch weiter bei Seite geschoben. Er hebt insbesondere hervor, dass motorische Nerven viel mehr der Ermüdung unterliegen, als sensitive, und sucht folgerichtig die primäre Ursache der Erkrankung in den motorischen Nerven des Auges. Allerdings bleibt Böhm's Theorie in Folge des Antheiles, den er den äusseren Augenmuskeln zuschreibt, und seiner nicht sehr klaren Vorstellung über Nah- und Fernsichtigkeit etwas dunkel und unbestimmt: aber bei nicht schielenden Asthenopen erkennt er den Mangel eines andauernden Accommodationsvermögens für nahe Gegenstände als Ursache der Erkrankung und erwähnt mit nicht geringer Befriedigung, dass er manche asthenopische Kranke durch den Gebrauch von Convexgläsern von ihren Beschwerden befreit habe. Böhm ist in der That der Erste, welcher den Gebrauch convexer Gläser bei Asthenopie unbedingt empfahl. Da er aber das Prinzip für die Wahl der Stärke der Gläser nicht kannte, so waren die von ihm angeordneten im Allgemeinen viel zu schwach ($^1/_{30}$ bis $^1/_{40}$), und es konnte von ihnen wirklich nicht viel erwartet werden; überdiess hielt er, da er die Asthenopie als eine Anomalie der Accommodation betrachtete, die Hoffnung fest, sie heilen zu können. Böhm's Theorie wurde von Ruete (Lehrbuch der Ophthalmologie, p. 683. Braunschweig, 1845) bedingungslos angenommen. Dieser scharf-

simige Autor sagt ausdrücklich, dass die erregenden Ursachen nicht bekannt seien, und dass die Erkrankung angeboren und manchmal erblich sein könne; sodann scheint er auf dem Punkte zu stehen, die Frage nach der organischen Grundlage des Leidens aufzuwerfen, begnügt sich endlich aber mit dem Schlusse, „dass die nächste Ursache, wie Böhm bewiesen hat, eine Schwäche der motorischen Nerven des Auges ist", und er hegte daher auch die Hoffnung, das Uebel heilen zu können.

Andere waren bei der Annahme von erregenden Ursachen weniger umsichtig, und die Mehrzahl dieser Beobachter hielten die von ihnen bezeichneten Ursachen für allein genügend, um Asthenopie zu erzeugen. Unter diesen Ursachen wurde excessive Spannung der Accommodation für nahe Gegenstände hauptsächlich erwähnt, und die Benennungen, die von Manchen für Asthenopie gebraucht wurden, wie: „Affection of the Retina from excessive employment" von Lawrence; „Impaired vision from overwork" von Cooper (White Cooper, On Near Sight, etc. p. 124), zeigen schon die wichtige Rolle, welche ihr zugedacht war. Bei Carron du Villards (Ann. d'Oculist., III, Supplém. p. 256) finden wir Asthenopie sogar als besondere Krankheitsform beschrieben, an welcher die Stickerinnen von Nancy viel leiden sollten, und bald nachher wurde das Uebel auch bei den Spitzenmacherinnen von Brüssel gefunden. Sichel glaubt auch, dass gewisse Berufszweige den Zustand hervorbringen. So wurde die Gelegenheitsursache, unter welcher sich bei schon bestehender Anomalie die krankhaften Symptome manifestirten, als Ursache der Anomalie selbst betrachtet. Diess kann uns jedoch nicht überraschen: bis zum 16., 20., ja selbst bis zum 25. Lebensjahre bleibt das Sehvermögen beständig normal, keine Beschwerden werden laut, und erst nach und nach, besonders bei Leuten, welche beständig andauernd sehen müssen, wird die Fortsetzung der Arbeit mehr und mehr erschwert, während durch Aussetzen mit derselben Besserung eintritt. Wie konnte es nun anders sein, als dass die Erkrankung als eine rein erworbene betrachtet, und dass die Ursache derselben in excessiver Accommodationsspannung gesucht wurde? — Ausserdem wurden von Mackenzie und Andern noch eine lange Reihe von Ursachen von Umständen hergeleitet, welche ganz zufällig bei der Entwicklung der Symptome vorhanden gewesen waren.

Ueberblicken wir das bis jetzt Mitgetheilte, so finden wir, dass die Asthenopie anfangs in dem Begriffe der Amblyopie verborgen war, dass sie nach und nach — wenn auch noch immer in Verbindung mit Amblyopie gehalten, sei es als Prädisposition, oder als Beginn, oder endlich als besondere Form derselben — aus ihrem Dunkel heraustritt, dass noch später der Sitz derselben, wenn auch die Theilnahme der Netzhaut noch nicht geläugnet wird, mehr und mehr in den Accommodationsorganen gesucht, bis endlich die Netzhaut beinahe vollständig ausgeschlossen und das Uebel als eine Erkrankung der motorischen Nerven und der Bewegungsorgane des Auges aufgefasst wurde.

Damals war das Wesen des Accommodationsvermögens noch nicht erkannt und noch weniger sein Mechanismus klar geworden. Man hatte daher ebenso viel Grund, den Hauptantheil hiebei dem äussern, wie dem innern Augenmuskelapparate zuzuweisen, und diess führte wirklich zu der Annahme, dass die Asthenopie in einer krampfhaften Contraction einzelner äusserer Augenmuskeln zu suchen sei, und es gab nun praktische Augenärzte, die den Muth hatten, dieselben zu durchschneiden. Diess ist eine traurige Seite in der Geschichte der operativen Augenheilkunde, um so trauriger, da hiebei einerseits eine so grobe Unwissenheit an den Tag gelegt wurde, dass selbst Myopie, Presbyopie und Asthenopie nicht unterschieden wurden, und anderseits Erfolge mitgetheilt werden, auf welche wir, um keinen härtern Ausdruck zu gebrauchen, mit Mackenzie blos die Worte Scarpa's anwenden wollen: „Istorie di guarigioni sorprendenti, e poco dissimili dai prodigi."

Freilich kann viel zur Entschuldigung angeführt werden. Vor Allem zeigt uns die Geschichte, dass jede neue Entdeckung und also sicherlich auch jede neue Operationsmethode, gewöhnlich zu Uebertreibungen verleitet; denn es ist diess das Ergebniss jenes Enthusiasmus, welcher tief in der menschlichen Natur wurzelt, und der auch insoferne seine gute Seite hat, als ohne denselben kein Sieg auf dem Gebiete der Wissenschaften erreichbar scheint. Ueberdiess war durch die Strabismusoperation in Wirklichkeit eine Besserung des Sehvermögens erzielt worden, und Manche glaubten desshalb, dass diese Besserung die Folge einer Aenderung im Refractionszustande wäre, welche nach dem damaligen Zustande der Wissenschaft

sicherlich viel eher möglich erschien, als eine selbst jetzt noch unerklärte Verbesserung der Sehschärfe. Wir können auch annehmen, dass selbst in jenen Fällen, wo Asthenopie ohne Strabismus bestand, die einige Zeit nach der Operation nothwendige Ruhe es mit sich brachte, dass die sonst beim Versuche zu lesen sich alsbald einstellende Ermüdung sich jetzt erst viel später zeigte. Uebrigens ist es leicht begreiflich, dass, wenn der Musculus rectus internus durchschnitten wurde, eine grössere Accommodationsspannung, mit Convergenz der Sehlinien auf einen gewissen Punkt, möglich wurde, ganz so, wie diess beim Gebrauche von Prismen mit nach innen gewendetem brechenden Winkel der Fall ist. Auf jeden Fall wollen wir nicht zu strenge über die allgemeine Operationswuth jener Zeit zu Gerichte sitzen. Es ist genug, dass eine Zeit lang die Ursache der Asthenopie in den äussern Augenmuskeln gesucht wurde, und dass man die durch Trennung derselben erzielten Resultate als einen neuen Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht annahm. Es handelte sich in diesen Fällen wirklich um Asthenopie. Denn obwohl Bonnet (Annal. d'Oeul., VI, p. 73), für den die Priorität der Anwendung der Muskeltrennung in solchen Fällen von Phillips und Guérin (Ibid., V, p. 31) reclamirt wurde, wie Cunier (Ibid., V, pp. 139, 173), von Myopie sprechen, so waltet doch kein Zweifel über die wahre Natur des Leidens in den von diesen Autoren mitgetheilten Fällen ob. Sie nahmen nämlich Myopie als bestehend an, wenn Jemand einen gewissen Druck in grosser Nähe besser entziffern konnte, als in der Entfernung von einem Fusse, und glaubten, die Myopie sei geschwunden oder verringert, wenn dieselbe Person später denselben Druck in grösserer Entfernung lesen oder feine Arbeit länger fortsetzen konnte. Von diesem Irrthum war selbst Ludwig Böhm nicht ganz frei.

Nach der Entdeckung des Prinzipes der Accommodation wurde nicht mehr, weder von einer Spannung in den Augenmuskeln, noch von einer Durchtrennung derselben behufs Heilung der Asthenopie gesprochen. Stellwag von Carion (Die Ophthalmologie vom naturwissenschaftlichen Standpunkte aus. Bd. II, p. 368. Erlangen, 1855) bezieht die Asthenopie ausschliesslich auf Verminderung der Accommodation und insbesondere auf Presbyopie. „In den meisten Fällen", so drückt er sich aus, „geht die Normalsichtigkeit unter den Erscheinungen der Asthenopie in die Presbyopie über, und die Kopiopie tritt nirgends so eclatant in die Wahrnehmung, als in dem Auge älterer Individuen. Sie gehört ganz vornehmlich den spätern Lebensepochen an, und wenn sie bisweilen in der Jugend als Vorläufer der Presbyopie beobachtet wird, so sind die begleitenden Umstände der Regel nach von der Art, dass ein der Involution analoger Zustand des Muskels im hohen Grade wahrscheinlich wird." Stellwag konnte nicht deutlicher aussprechen, dass er Asthenopie für ein Accommodationsleiden halte. Von Graefe (Arch. f. Ophth., II, 1, p. 169) verallgemeinerte die Frage so viel wie möglich, indem er der Asthenopie eine blos symptomatische Bedeutung zuschrieb. So wies er die Existenz einer muskulären Asthenopie nach, welche von Insuffizienz der Musculi recti interni ausgeht. Ueberdiess bringt er die Asthenopie mit leichten Graden von Presbyopie in Verbindung, und wenn er weiterhin Asthenopie entstehen sieht, „wo der Nahepunkt nur um Weniges abgerückt, aber doch das Gebiet der ausdauernden Accommodation namhaft weiter vom Auge liegt, als in der Norm", so scheint er wirklich auf dem Punkte zu stehen, an Hypermetropie zu denken. Andererseits legt v. Graefe dem Einflusse der Netzhaut grössere Wichtigkeit bei, als meiner Ansicht nach nöthig erscheint. Endlich beobachtet er Asthenopie als Folge von „wirklicher Accommodationsparese", und in der That kann die Schilderung der letzteren fast vollständig auf die aus Hypermetropie resultirende Asthenopie angewendet werden.

Diesen Punkt hatte unsere Kenntniss der Asthenopie erreicht, als ich (Nederlandsch Tijdschrift voor Geneesk. 1858, p. 473) die Ursache der Asthenopie im hypermetropischen Baue des Auges entdeckte. So wurde die angebliche Accommodationsanomalie zur Refractionsanomalie, das Verhältniss der Asthenopie zu den Umständen, unter welchen Ermüdung eintritt, wurde klar, und die Nothwendigkeit einer vollständigen Erleichterung durch Brillen bewiesen, während gleichzeitig die Hoffnung auf radicale Heilung der Asthenopie für immer vernichtet wurde

§ 23. Behandlung der Hypermetropie, mit besonderer Bezugnahme auf Asthenopie.

Die Behandlung der Asthenopie wurde von jeher eine „rationelle" genannt, und ich erinnere mich noch sehr wohl der Zeit, wo diese Bezeichnung als eine Ehre betrachtet, und Jeder, welcher in der Medizin auf blos empirischem Boden stand, mit Verachtung angesehen wurde. Glücklicherweise haben sich die Zeiten in dieser Beziehung geändert, und wurde es mehr und mehr klar, dass selbst bei vollständiger Kenntniss der Natur eines Leidens die letzte Entscheidung immer der Empirie vorbehalten bleibt, und dass bei unseren mangelhaften und unvollständigen Begriffen die Wissenschaft in Bezug auf Therapie höchstens gelegenheitlich anzudeuten vermag, was zunächst der Untersuchung unterzogen zu werden verdient, und dass es ferner ihre Pflicht ist, eine Erklärung für das, was durch die Erfahrung schon sichergestellt worden ist, zu versuchen.

Asthenopie wurde als Resultat eines geschwächten Accommodationsvermögens angesehen; daher war die „rationelle" Behandlung gegen die Ursachen der Schwäche gerichtet und wurde vor allem andern Ruhe der Accommodation gefordert. Von diesem Gesichtspunkte aus schrieb Tyrrel eine systematische Behandlung vor. Ruhe war sicherlich am vollständigsten durch Enthaltung von jeder Arbeit, bei welcher auf nahe Gegenstände gesehen werden musste, zu erzielen, und wo diess nicht vollständig ausführbar war, glaubte man denselben Zweck durch den Gebrauch von Convexgläsern zu erreichen, obwohl es in Folge der mit der Convergenz einhergehenden Accommodationsspannung nothwendigerweise weniger vollkommen gelang. Diess bildete die erste Periode der Behandlung, in welcher die Accommodationsorgane durch Ruhe von ihrem krankhaften Zustande befreit werden sollten.

Abermals auf rationeller Grundlage musste die zweite Periode, — die der Uebung, erfolgen; die Gläser wurden schrittweise schwächer gemacht und andauernde Arbeit für immer grösser werdende Zeiträume gestattet, jedoch mit dem strengen Auftrage, bei Erscheinung der geringsten Ermüdung sofort auszusetzen. So hoffte man der Asthenopie auf die Dauer Herr werden zu können, und Manche versicherten — und zwar in gutem Glauben —, dass sie wirklich Erfolge erzielt hätten. Aber waren die Kranken nicht angewiesen worden, beständig auf sich Acht zu geben? Blieben nicht die vorgeschriebenen Gläser in ihren Händen? Und mögen nicht manche Kranke, um von einer lange andauernden Behandlung erlöst zu werden, einen zu günstigen Zustand angegeben haben, und sind, wenn es ihnen wieder schlechter ging, einfach zu Hause geblieben? Ich bin überzeugt, dass die grosse Mehrzahl, wenn sie ihre Augen wieder wie früher gebraucht, auch wieder in gleicher Weise von denselben qualvollen Symptomen heimgesucht worden sind. — Auf die Annahme hin, dass die Netzhaut in gewissem Grade an der Erkrankung Theil habe, fanden es Böhm und Ruete „rationell", den Gebrauch blauer Convexbrillen zu empfehlen; und diess mag bei dem Umstande, dass die empfohlenen Gläser gewöhnlich zu schwach waren, wegen der grössern Brechbarkeit der blauen Strahlen, selbst wenn die Netzhaut nicht übermässig empfindlich war, wirklich von einigem Nutzen gewesen sein, was von den von Fronmüller empfohlenen London smoke Gläsern wohl nicht gesagt werden kann, da deren blos lichtvermindernder Einfluss wenig Asthenopischen gefrommt haben mag.

Jedoch rühmten sich nicht alle Ophthalmologen ausgezeichneter Erfolge. So sagt Mackenzie bei der Besprechung der Prognose der Asthenopie: „Es ist in vielen Fällen unsere Pflicht, das Uebel für unheilbar zu erklären. Wenn der Kranke ein junger Bursche ist, welcher sich als Lehrling einem sitzenden Handwerke gewidmet, und die Krankheit, in Betracht ihrer Dauer und Entstehungsweise, einer Behandlung nicht zu weichen verspricht, so werden wir ihm den Rath geben, Ladendiener zu werden, sich ländlicher Beschäftigung zu widmen oder zur See zu gehen; haben wir es dagegen mit einem Mädchen zu thun, welches beständig mit Nähen beschäftigt ist, so rathen wir ihm, sich in der Haushaltung zu beschäftigen oder andern gesunden und thätigen Berufszweigen nachzugehen. So manchem armen Manne rieth ich, seine sitzende Beschäftigung aufzugeben und Kutscher zu werden, während ich solchen, welche in bessern Verhältnissen und nicht zu sehr in Jahren vorgerückt waren, die Auswanderung anempfahl, indem ich ihnen vorstellte, dass, wenn sie auch ihre Augen nicht mehr mit Vortheil verwenden könnten, wo viel Lesen und Schreiben erfordert wird, sie doch genügend sähen, um den Anforderungen, welche an einen australischen Colonisten gestellt werden, nachzukommen."—

Woher kam es nun, dass man nicht vorurtheilsfrei den Einfluss des beständigen Gebrauches starker Gläser untersuchte, bevor man einen so sehr in das Leben eines Mannes eingreifenden Rath ertheilte? War es blos Vorurtheil im Allgemeinen gegen den Gebrauch von Gläsern bei jugendlichen Individuen? Oder hatte der alte Verdacht, dass Asthenopie zur Amblyopie führen könne, frische Nahrung erhalten durch die Erfahrung, dass nach Gebrauch genügender Convexgläser die Augen (wie wir jetzt wissen, in Folge der Verlegung des relativen Accommodationsbereiches) bald ohne Gläser sogar noch weniger leisten können, als früher? Sicher musste das Vorurtheil tiefe Wurzeln haben; denn dafür liegt ein sehr bezeichnender Wink in einer aus dem Leben gegriffenen Beobachtung Mackenzie's: „Ein der Asthenopie unterworfenes Kind, mit dem Lernen seiner Lectionen beschäftigt, klagt, es könne nichts sehen, und wiederholt diese Klage so oft, insbesondere bei Kerzenlicht, dass der Vater oder Grossvater endlich sagt: „Versuche meine Brillen!" Und das Kind sieht nun vollkommen gut, und allnächtlich entlehnt es von jetzt an diese Gläser, um seine Aufgabe vollenden zu können";— und doch setzt Mackenzie hinzu: „Es wäre besser gewesen, wenn Gläser gewählt worden wären, mit der grössten Brennweite, die das Kind in den Stand gesetzt hätten zu lesen, oder noch besser, wenn es zu Bette gebracht, und das Lernen bis zum Tagesanbruche verschoben worden wäre." Es unterliegt keinem Zweifel, dass Mackenzie viel zu schwache Gläser anwandte: in Folge dessen schliesst er auch mit den wenig befriedigenden Worten: „In manchen Fällen wird die Erscheinung der Asthenopie so leicht hervorgebracht, dass der Kranke nie fähig ist, sich einer Beschäftigung, welche einen nur gewöhnlichen Gebrauch der Augen verlangt, zu widmen; und diese Fälle genügen, uns die ernste Natur dieses Leidens zu enthüllen. Es ist ein Uebel, welches mehr zu fürchten ist, als manche andere Augenkrankheiten, die bei oberflächlicher Betrachtung einen weit drohenderen Anschein haben."

Es liegt eine grosse Befriedigung darin, aussprechen zu können, dass Asthenopie nicht länger mehr für irgend Jemand Unannehmlichkeiten im

Gefolge haben müsse. Wir haben hierin ein Beispiel, mit wie unscheinbaren Mitteln die Wissenschaft manchmal einen Triumph feiert, welcher in seinen Folgen Tausende glücklich macht. Die Auffindung der einfachen Thatsache, dass die Asthenopie vom hypermetropischen Baue des Auges abhängt, bezeichnete zu gleicher Zeit auch den Weg zu ihrer Beseitigung. Konnte es dann anders sein, als dass durch Correction der Hypermetropie mittelst Convexgläsern auch die aus ihr entsprungene Asthenopie verschwindet? Doch auch hier konnte die Wissenschaft uns irre leiten, denn es schien rationell, den Grad der totalen Hypermetropie zu bestimmen und dieselbe vollständig zu neutralisiren, wie ich es auch anfangs that. Dabei hatte ich jedoch, wie die Erfahrung mir bald lehrte, die Thatsache übersehen, dass selbst beim Gebrauch vollständig neutralisirender Convexgläser die Hypermetropie zum Theile latent bleibt, in Folge dessen nicht nur das Sehen in die Ferne undeutlich war, sondern auch bei mässiger Convergenz das Auge noch immer für einen zu nahen Punkt accommodirte. Das unangenehme Gefühl, welches mit der Entspannung bis zum Minimum der relativen Accommodationsbreite verbunden ist, wobei in diesem Falle noch das Sehen in gewöhnlicher Entfernung nicht scharf war, brachte es mit sich, dass der Gegenstand immer näher und näher ans Auge gebracht wurde, und der Kranke auf diese Weise von der Scylla in die Charybdis, das ist von der accommodativen in die muskuläre Asthenopie kam. Mein Fehler lag darin, dass ich das neutralisirte hypermetropische Auge dem emmetropischen gleich erachtete, was, wie ich schon oben (p. 104) gezeigt, durchaus nicht der Fall ist. Diess ist ein allgemeiner Vorgang: die Wissenschaft theoretisirt, die Praxis prüft und läutert ihre Theorien, die Wissenschaft aber kommt wieder zu Ehren, indem sie diesen Läuterungsprozess begreift und verstehen lehrt.

Bei Aufstellung der Regeln, zu welchen mich die Erfahrung geleitet hat, muss ich zwei Reihen von Fällen unterscheiden: *a*) solche, welche bei normaler Accommodationsbreite einzig und allein von Hypermetropie abhängen; *b*) solche, bei welchen Abnahme der Accommodationsbreite oder Mangel an Energie eine mehr oder weniger wichtige Rolle spielen.

Die grosse Mehrzahl der Fälle gehört der ersten Kategorie an. Hypermetropie ist die Ursache, und zwar die einzige Ursache, dass das Sehen in der Nähe nicht ertragen wird. Es ist selbstverständlich, dass diese Form blos bei jugendlichen Individuen vorkommt, bei welchen, den emmetropischen Bau des Auges vorausgesetzt, noch nicht der Gedanke an Presbyopie rege wird. In der That gehört, wie ich schon auseinander gesetzt habe, eine gewisse Accommodationsbreite zu den Bedingungen der Asthenopie. Viele melden sich zwischen dem 18. und 26. Lebensjahre, wenn $\frac{1}{A}$ auf $^1/_5$ oder $^1/_6$ herabgesunken ist, selbst als Asthenopische an. Die Mehrzahl von diesen sind Frauen, und die Ursache scheint mir bei ihnen ausschliesslich in der Beschäftigung zu liegen. Wer nicht beständig mit Arbeiten in der Nähe beschäftigt ist, zeigt bei mässigem Grade von Hypermetropie nie Symptome von Asthenopie. Nun ist bei weiblichen Beschäftigungen meistens andauerndes Sehen weit mehr erforderlich, als bei denen der Männer; und in manchen Klassen der Gesellschaft, in welchen der Mann fast vollständig jeder Accommodationsanstrengung enthoben ist, ist diess das Loos der Frauen, welche nebst ihrer häuslichen

Arbeit noch spät Abends, oft bei schlechter Beleuchtung, nähen und stopfen müssen. Nur in diesem Umstande allein, und nicht im häufigeren Vorkommen von Hypermetropie, ist, wie ich glaube, die Erklärung zu suchen, dass die Klagen über Asthenopie viel häufiger von Frauen, als von Männern vernommen werden.

Das Erste, was wir bei Asthenopie zu thun haben, ist, den Grad der manifesten Hypermetropie zu bestimmen,— mit andern Worten, das stärkste Convexglas, mit welchem das Sehen in die Ferne noch scharf ist, aufzusuchen. Dieses Glas ist aber nur selten genügend, um gegen Ermüdung bei andauernden Arbeiten vollkommen zu schützen. Man lasse daher den Kranken, zuerst unter unsern Augen, damit lesen; aber nur in dem Falle, wenn er dabei durchaus keine Beschwerde empfindet, und wenn überdiess beim Gebrauche dieser Gläser der binoculäre Nahpunkt p_2 nur um weniges ferner gefunden wird, als er bei emmetropischen Augen in demselben Alter liegen soll, dürfen wir den Gebrauch dieser Gläser anfangs anrathen. Oft stossen wir jedoch unmittelbar auf die Anzeige, den Kranken stärkere Gläser zu geben, z. B. $^1/_{16}$ bei $Hm = {}^1/_{20}$; bei sehr jungen Individuen nämlich, wo wir eine grosse Hl erwarten können, und noch mehr bei solchen in schon vorgerückteren Jahren, z. B. mit dreissig, wo die Accommodationsbreite schon eine bedeutende Verminderung erfahren hat, werden Gläser, welche blos die Hm corrigiren, kaum je genügend sein. Wenn es dem Kranken leicht ist wiederzukommen, so sollen ihm die für tauglich erachteten Gläser mitgegeben werden ohne weitere Anweisung, als nie ohne dieselben zu arbeiten, jede halbe Stunde die Arbeit für einige Minuten zu unterbrechen, jede übermässige Ermüdung zu vermeiden und binnen acht Tagen Nachricht über sein Befinden zu bringen. Fast ausnahmslos kehrt er mit Ausdrücken der Zufriedenheit und Dankbarkeit zurück. Nun kann man ihm erlauben nach eigenem Ermessen seine Augen zu gebrauchen, fordere ihn jedoch auf, sogleich beim Eintritt von Beschwerden sich wieder vorzustellen, — was in manchen Fällen nach ein oder zwei Jahren geschieht, wenn die Hm etwas zugenommen hat und den Gebrauch stärkerer Gläser räthlich macht. Es kommt aber auch vor, dass die Gläser entweder zu schwach oder zu stark waren. Waren sie zu schwach, so wurde die Asthenopie nicht vollständig gehoben, und wir finden oft jetzt schon, besonders bei einiger Ermüdung, einen etwas höhern Grad von Hm als zuvor, und überdiess p_2, mit Gläsern bestimmt, ferner vom Auge, als es sein sollte. In solchen Fällen müssen wir natürlich mit den Gläsern steigen, oft selbst über die jetzt gefundene Hm hinaus, und müssen p_2 nahezu auf die Normaldistanz bringen. Waren die Gläser zu stark, so musste die Arbeit zu nahe ans Auge gebracht werden: scharfes Sehen war zwar dabei erreicht, aber es trat ein eigenthümliches Gefühl der Ermüdung (muskuläre Asthenopie) ein. Dieses Leiden tritt, wenn auch selten, bisweilen auch dann auf, wenn nur die Hm neutralisirt wurde. Die Ursache ist in der zu mächtigen Accommodationsspannung zu suchen, welche in Folge der Gewöhnung jedes Mal gerade bei einer Convergenz auf 10″ bis 14″ angeregt wird. Unter solchen Verhältnissen müssen wir offenbar mit schwächern Gläsern beginnen, und in dem Verhältnisse, wie die ausserordentliche Spannung nachlässt, zu stärkeren übergehen. In andern Fällen führt das Zunahehalten des Buches zu der Klage, dass das Sehen in die Ferne mit den Brillen ganz besonders schlecht sei. — Ich darf sagen, dass es mir selten vorgekommen, dass

die nach den oben angeführten Regeln mit Aufmerksamkeit bestimmten Gläser ihrem Zweck nicht vollständig entsprochen hätten. Auch fand ich es bei Asthenopie nur selten nöthig zur Bestimmung der Hypermetropie von Mydriaticis Gebrauch zu machen. Nur in jenen Fällen, wo bestehende Asthenopie uns zur Annahme von Hypermetropie berechtigt, und trotzdem, selbst bei mässiger Ermüdung, keine *Hm* nachgewiesen werden kann, — ferner wenn die richtig gewählten und richtig abgeänderten Gläser nicht entsprechen, — vielleicht auch, wenn wir den Kranken nur einmal sehen können, möchte die Anwendung eines Mydriaticums im Interesse des Kranken nöthig werden. Seine Anwendung ist jedoch auch zum Zwecke eines genauern Studiums der Verbindung von *Hm* mit *Hl* um so mehr gerechtfertigt, als auch während der Mydriasis im Nothfalle Arbeiten in der Nähe mit Zuhülfenahme stärkerer Gläser recht gut ausgeführt werden können. Kenne ich nun *Hm* und *Hl*, so gebe ich Gläser, welche *Hm* und ungefähr $^1/_4$ von *Hl* neutralisiren, und dieselben werden im Allgemeinen entweder unmittelbar, oder nach einigen Wochen entsprechen.

Früher haben sich die Augenärzte, wie wir gesehen haben, bemüht, durch den Gebrauch von immer schwächeren Gläsern, eine radicale Heilung der Asthenopie zu erzielen. Nach Erkennung ihrer Ursache ist das Bestreben ein gerade entgegengesetztes geworden. — Wir wollen allmälig immer stärkere Gläser geben und untersuchen zu diesem Zwecke bei unsern asthenopischen Kranken von Zeit zu Zeit die Lage des relativen Accommodationsgebietes oder vielleicht nur die *Hm*, und wenn die letztere grösser erscheint, geben wir nach den obigen Regeln andere und zwar stärkere Gläser. Erst wenn die Hypermetropie beinahe vollständig in *Hm* verwandelt ist, und das relative Accommodationsgebiet durchwegs eine normale Lage erlangt hat, haben wir beim Gebrauche der nun indicirten Gläser eine Garantie gegen das Wiederkehren der Asthenopie, und bei jugendlichen Individuen passen dieselben Gläser für das Sehen in die Nähe, wie in die Ferne. Laien haben mir schon bisweilen ihre Befürchtungen ausgesprochen, dass bei fortwährender Steigerung der Brillenstärke endlich keine Gläser mehr stark genug für ihre Augen sein möchten; und man muss diese Aeusserung bei Kranken, die sich in dieser Lage befinden, in der That verzeihlich finden. Glücklicherweise können wir sie aber vollkommen beruhigen. Ich nehme mir immer die Mühe, ihnen auseinanderzusetzen, dass, wenn einmal das, was dem Auge an Kraft fehlt, vollkommen ersetzt, dann auch die Grenze für die Stärke der Gläser einstweilen erreicht ist, und dass die Verstärkung, welche die senilen Veränderungen im höheren Lebensalter im Allgemeinen erfordern, sehr leicht hinzugefügt werden kann. Es ist einleuchtend, dass wir selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen nicht leicht veranlasst werden können, zu so starken Gläsern zu greifen, wie bei Aphakie nothwendig sind. Zu diesen ungünstigen Umständen gehören die Amblyopie, und insbesondere mangelhafte Accommodationsbreite. Alles, was in Betreff dieser Punkte bei der Besprechung der Presbyopie schon gesagt wurde, kann auch hier unsere Behandlung leiten; es wurden daselbst die Regeln für die Behandlung der mit Presbyopie combinirten Hypermetropie schon gegeben. Hier habe ich nun noch zu erwähnen, dass bei einseitiger Amblyopie in Folge von Nichtgebrauch des Auges, besondere Uebungen dieses Auges mit einem Leseglase oder einer Lupe mehrmals täglich, und jedesmal durch einige Minuten, angezeigt sind.

So viel über den Gebrauch von Brillen für die Nähe. Eine zweite wichtige Frage ist es nun, ob asthenopische Kranke auch beim Sehen in die Ferne für gewöhnlich Gläser gebrauchen sollen. Bei oberflächlicher Betrachtung scheint dem nichts im Wege zu stehen; denn warum sollte nicht Jemand seine *Hm* beseitigen und sich dadurch in den Stand setzen, ohne ungewöhnliche Accommodationsanstrengung in die Ferne deutlich zu sehen?

Ohne Zweifel würden wir keinen Grund haben zu zögern, wenn wir das Glas zu einem integrirenden Bestandtheile unseres Auges machen könnten; wir würden dann sogar berechtigt sein beinahe die ganze Hypermetropie zu neutralisiren, indem wir überzeugt sein könnten, dass das relative Accommodationsgebiet sich bald dem neuen Refractionszustande anpassen würde. Diese Bedingung ist aber nun einmal nicht zu erfüllen; die Gläser befinden sich nicht im, sondern vor dem Auge und sind sogar mitunter nicht zur Hand. Daher ist es von grosser Wichtigkeit, dass der Kranke im Stande sei, auch ohne Gläser erträglich gut zu sehen; und soviel ist sicher, dass, wenn der Hypermetrop sich an neutralisirende Gläser gewöhnt hat, er allmälig die Fähigkeit, ohne Gläser scharf zu sehen, verliert. Diess ist die Kehrseite beim Tragen von Gläsern. Selbst wenn er dieselben nur für die Nähe verwendet, verliert er theilweise den Vortheil der Verwendung seiner Accommodation; doch liegt in diesem Falle ein wahres Bedürfniss vor, und es bleibt ihm daher keine Wahl. Anders ist es beim Sehen in die Ferne. Wir haben gesehen, dass das Sehvermögen der Hypermetropen, trotz andauernder starker Accommodationsanstrengung ungestört bleibt, und dass daher von der Anstrengung, welche nothwendig ist, um ohne Gläser scharf in die Ferne zu sehen, und welche jedesmal nur für einen Augenblick gefordert wird, sicherlich kein schädlicher Einfluss erwartet werden kann. Man darf daher diese Anstrengung von der Accommodation getrost fordern, und folgerichtig dürfen wir auch Kranken, deren Hypermetropie noch ganz facultativ ist, und die uns sogar sagen: „Für gewöhnlich habe ich keine Beschwerden, und in die Ferne sehe ich ausgezeichnet", nicht das beständige Tragen von Gläsern aufnöthigen. Höchstens dürfen wir ihnen sagen, dass sie, wenn sie älter werden (wenn die facultative Hypermetropie in relativ absolute übergegangen ist), auch vom Gebrauche der Gläser in die Ferne grossen Nutzen ziehen würden, und dass sie sich, sobald sie bemerken, dass sie in der Ferne nicht mehr hinreichend gut unterscheiden können, an einen Augenarzt wenden sollen*).

Ganz anders verhält sich aber die Sache, wenn schon in der Jugend relative oder absolute Hypermetropie vorhanden ist; denn dann ist, ungeachtet

---

*) Vergangenes Jahr hatte ich in Marienbad das Vergnügen einen berühmten englischen Geologen zu treffen. Ich bemerkte, dass er mit seinen Gläsern von $\frac{1}{5}$ auf 11″ Distanz sehe, und also Hypermetrop sei. „Sie sehen nicht gut in die Ferne", bemerkte ich ihm. „O nein!" antwortete der kräftige Veteran, „ich erkenne die Charaktere der Gesteine nicht mehr wie früher in grösserer Entfernung, und wenn ich dieselben vor meinen Füssen mit der Brille betrachten will, stolpere ich über sie." „Folgen Sie mir," erwiederte ich, „und verlangen Sie vom Optiker Gläser von $\frac{1}{30}$". Tags darauf schrieb er mir: "I cannot tell you how grateful I am for the new sense you have given me. I now see the eyes of the handsome girls, and the wrinkles of the old ladies as well as when I was a young soldier."

aller Accommodationsanstrengung, das Sehen in die Ferne nicht scharf, und wir dürfen nicht zögern durch Gläser Hülfe zu schaffen. Das beste Resultat, das unter solchen Verhältnissen erzielt werden kann, ist: dass dieselben Gläser, welche für die Ferne nicht zu stark sind, auch für die gewöhnliche Arbeit in der Nähe genügen. Bei der gewöhnlichen Accommodationsbreite wird dieses Resultat trotz der durch den Gebrauch von Convexgläsern bedingten ungünstigen Verhältnisse (vergl. p. 123) erreicht, sobald das relative Accommodationsgebiet genügend verschoben wird, und unsere Aufgabe ist es, dadurch dass wir den Kranken veranlassen, Brillen, und zwar anfangs schwächere, zu tragen, diese Verschiebung zu beschleunigen.

In Bezug auf die zweite Kategorie von Asthenopie habe ich hier nur wenig zu sagen. Die hiezu gehörigen Fälle sind durch den Umstand charakterisirt, dass die Accommodation selbst gestört oder in krankhafter Weise herabgesetzt ist, und der geeignete Ort über diese Form zu sprechen ist daher im zweiten Theile bei den Anomalien der Accommodation. Hier mag im Allgemeinen nur bemerkt werden, dass wir, wenn bei Asthenopie entweder keine oder eine verhältnissmässig geringe Hypermetropie vorhanden ist, die muskuläre Asthenopie dagegen ausgeschlossen werden kann, den Verdacht auf gestörte oder krankhaft verminderte Accommodation lenken und unsere Untersuchung in dieser Richtung vornehmen müssen.

Ist allgemeine Schwäche die alleinige Ursache, so steht Heilung der Asthenopie zu erwarten, wenn es uns gelingt, die Kräfte wieder zu heben. Ist Accommodationsparese ohne Hypermetropie verhanden, so hört die Asthenopie mit der Lähmung auf. In beiden Fällen ist der zeitweilige Gebrauch von Convexgläsern von Nutzen. Schmerzhafte Accommodation und dadurch bedingte Asthenopie erfordern eine eigene Behandlung.

Was ich in Betreff der Behandlung der Hypermetropie, abgesehen von Asthenopie, zu sagen habe, ist in dem Vorhergehenden schon enthalten. Die leichtesten Grade von Hypermetropie, welche kaum je zu Asthenopie führen, erfordern, wie schon bei der Presbyopie erwähnt wurde, nur, dass einige Jahre vor der gewöhnlichen Zeit Gläser gestattet werden. Die höchsten Grade sind dadurch charakterisirt, dass derselbe Druck, sehr nahe ans Auge gehalten, besser gelesen wird, als in einiger Entfernung. Die Erklärung dieser anscheinend paradoxen Erscheinung wurde schon gegeben. So wie aber das Sehen auch für die Ferne nicht scharf ist, so muss sich gleich der Verdacht einer Complication von Myopie mit Amblyopie aufdrängen. Ueberdiess tritt das ganze Bild der Asthenopie nicht deutlich auf; denn es bestehen dabei von Anfang an Beschwerden, und die Folgen der Ermüdung stellen sich nicht so leicht ein. Aber auch in diesem Falle ist vor Allem in dem Gebrauche von Convexgläsern eine Erleichterung zu suchen; sie sind nicht nur zum leichtern Ausführen andauernder Arbeiten nothwendig, sondern auch zum Sehen in die Ferne wünschenswerth. Hier dürfen wir uns nicht fürchten, durch dieselben eine weniger wünschenswerthe Verschiebung der relativen Accommodationsbreite zu erhalten (vergl. p. 106). Die Stärke der erforderlichen Gläser wird aus dem Grade der manifesten und totalen *H* abgeleitet; für gewöhnlich müssen sie *Hm* vollständig neutralisiren. Beim Lesen gleiten die Gläser ein wenig auf der Nase hinab, und dann reichen dieselben Gläser häufig auch zu diesem Zwecke noch hin. Ist diess nicht der Fall, so gebe man etwas stärkere,

so dass p_2 diesseits der gewünschten Entfernung des deutlichen Sehens zu liegen komme. Nach Maassgabe der zunehmenden *Hm* sind die Gläser zu verstärken. Bei Complication mit Presbyopie ist der Gebrauch zweier Brillen, der einen zum beständigen Tragen, der andern für feinere Arbeiten unerlässlich. Sind starke Gläser erforderlich, so muss man aus mehreren Gründen, besonders aber wegen der günstigeren Lage der Hauptpunkte, periskopischen Gläsern, deren concave Fläche gegen das Auge gekehrt wird, den Vorzug geben.

Auf die Frage, ob es eine radicale Heilung für Hypermetropie gebe, müssen wir mit: „Nein!“ antworten. A priori sollte man glauben, dass, wie das emmetropische Auge myopisch, und wie Myopie progressiv wird, auch Hypermetropie der Emmetropie, ja sogar der Myopie weichen könne. Auch scheint es wirklich möglich zu sein, dass die in einem noch nicht vollständig entwickelten Auge bestehende Hypermetropie während der Entwicklung verschwindet. Aber bei vollendeter Entwicklung sah ich Hypermetropie noch nie verschwinden und in übrigens gesunden Augen nie in Emmetropie oder Myopie übergehen. Diess geschieht nur, wenn eines Hornhautleidens wegen die Convexität der Cornea zunimmt. Bei oberflächlicher Untersuchung kann man in dieser Hinsicht getäuscht werden. Ein Herr von 54 Jahren war seit seinem 36. Jahre genöthigt Convexgläser zu tragen, und gegenwärtig zieht er es vor, ohne dieselben zu arbeiten. Er zeigte, bei $S = 1$, $M = {}^1/_{15}$. Ist in diesem Falle nicht *M* an Stelle von *H* getreten? Ich fand sein Accommodationsvermögen vollkommen gelähmt, und zwar hatte diess seit seinem 36. Lebensjahre bestanden, und die Augenspiegeluntersuchung ergab progressive Myopie. Es war daher leicht zu begreifen, dass die Paralyse der Accommodation mit $M = {}^1/_{20}$ oder ${}^1/_{30}$ im 36. Lebensjahre den Gebrauch von Convexgläsern nöthig machte, welche jedoch durch das Fortschreiten der Myopie überflüssig, ja geradezu unverwendbar wurden.— Das hypermetropisch gebaute Auge hat also keine Neigung myopisch zu werden; und da spontan eine Aenderung in dieser Richtung nie auftritt, so ist es auch nicht zu erwarten, dass die Kunst im Stande sein werde, in solchen Fällen etwas zu thun. Wie könnten wir auch ohne das Auge zu gefährden auf irgend eine gewaltsame Weise die Hornhaut convexer machen oder die Sehachse verlängern? Die Heilung der gewöhnlichen Asthenopie durch Trennung der Muskeln gehört zu den Fabeln jener Periode der Operationsmanie, von der ich in den geschichtlichen Bemerkungen gesprochen habe. Wir sehen wohl ein, dass die Tenotomie der Mm. recti interni die Convergenz erschwert, und dass daher mit gewissen Graden der letztern beim binocularen Sehen sich jetzt eine grosse Accommodationsspannung verbunden ist. Diese Tenotomie wirkt in derselben Art, wie prismatische Gläser mit einwärts gekehrter Kante, von welchen Asthenopische in Wirklichkeit einigen Nutzen ziehen. In zwei Fällen, wo die Wirkung der Recti externi augenscheinlich sehr schwach war, hat v. Gräfe*) wirklich die Tenotomie der Mm. interni ausgeführt. Er bemerkt aber dabei ganz richtig, dass diese Methode im Gegensatze zu der friedlichen Brillenwahl mehr interessant, als praktisch sei. Und in Wirklichkeit kann weder durch diese, noch durch eine andere operative Methode die Hypermetropie vermindert

*) Archiv f. Ophth., VIII, 2, p. 321.

und die Asthenopie dauernd gehoben werden. Selbst dann, wenn wegen entwickeltem Strabismus convergens eine vollkommen corrigirende Tenotomie ausgeführt ist, bleibt trotzdem der Gebrauch von Convexgläsern, um der Asthenopie und einer Rückkehr des Strabismus vorzubeugen, oft noch erforderlich. Nur wo die Asthenopie von Muskelinsufficienz abhängt, feiert die Tenotomie ihre Triumphe.

Folgende Krankengeschichten, die ich zum Schlusse mittheile, werden mir Gelegenheit bieten noch einige praktische Winke hinzuzufügen.

1. Hypermetropie verursacht nicht immer Beschwerden, und dann ist es nicht nöthig sie zu corrigiren.

Eine elegante Dame von 22 Jahren steht wegen leichten Granulationen in Behandlung. Das Sehen in die Ferne ist scharf, mit negativen Gläsern nicht so gut, mit + $^1/_{40}$, ja sogar mit + $^1/_{24}$ ebenso scharf, wie ohne Gläser; nur erscheinen die Objecte „schauderhaft“ vergrössert: „die Menschen sehen aus wie Riesen.“ *Hm* ist daher = $^1/_{24}$, und wir können mit Wahrscheinlichkeit *Hl* = $^1/_{14}$ setzen. Nichtsdestoweniger empfand sie nie irgend welche Unannehmlichkeit. Aber lesen „thut sie nicht viel“, und arbeiten „thut sie gar nicht.“ Wäre sie genöthigt gewesen andauernd in der Nähe zu arbeiten, so wäre Asthenopie nicht ausgeblieben. Wohl erinnert sie sich, dass sie feine Gegenstände nicht so genau sehen konnte, wie andere Damen ihres Alters, und dass sie selbst manchmal, wenn sie in die Ferne blickte, eine gewisse Verdüsterung der Gegenstände bemerkte. Vor Brillen hatte sie einen wahren Abscheu; und vielleicht hätte ich ihr, da ich diess voraussetzen konnte, nicht im Voraus sagen sollen, dass sie mit 30 Jahren dieselben doch benöthigen würde, sondern mich begnügen, ihr anzuempfehlen, sich, falls sie nahe Objecte nicht mehr gut sehen sollte, sicher wieder vorzustellen. Es war ja für den Augenblick keine Anzeige für Brillen vorhanden. Dieselben würden nur eine gegenwärtig noch unerwünschte Verschiebung der relativen Accommodationsbreite bewirkt haben. Wegen der Hypermetropie verordnete ich eine noch strengere Ruhe der Augen, so lange die Granulationen vorhanden wären, als dieselben nöthig machten.

2. Einen gewöhnlichen Fall von Asthenopie, der durch Hypermetropie bedingt ist, erkennt man auf den ersten Blick.

Fräulein H., 19 Jahre alt, stellt sich vor. Sie hat ein blühendes Aussehen, klare Augen ohne Spur von Erkrankung, blaue Iris, bewegliche Pupillen, keine sehr tiefe Augenkammer, flache Augenhöhlenränder, die Sehachsen scheinen zu divergiren. Ich vermuthe Asthenopie. Ich lasse sie lesen und nähere das Buch bis auf 6″: das Lesen wird schwierig, auf 5″ ist es unmöglich. Wir haben es daher entweder mit Hypermetropie oder mit verminderter $\frac{1}{A}$ zu thun. Mein Auge fällt auf ihren Begleiter, ihren Bruder, der mit Strabismus convergens behaftet ist. Diess entschied zu Gunsten von Hypermetropie. „Sie können Ihre Arbeiten nicht lange fortsetzen?“ „Nein,“ ist die Antwort. „Bei Anstrengung bekommen Sie ein Gefühl von Spannung über den Augen? Sie drücken diese Stelle mit der Hand, reiben sich die geschlossenen Augen, und dann können Sie wieder arbeiten, aber nur für kurze Zeit?“ „Vollkommen so,“ antwortet sie. Das Vertrauen ist gewonnen. „In den Augen fühlen Sie keinen Schmerz? „Nein.“ In die Ferne sehen Sie gut?“ „Ja.“ „Nach langer Ruhe können Sie Ihre Arbeit besser fortsetzen?“ „Ja, ja.“ — Mit $^1/_{18}$ sieht sie in die Ferne gut, jedoch beim Wegnehmen der Gläser im ersten Augenblick nicht so gut; mit $^1/_{16}$ sieht sie nicht so scharf, wie mit $^1/_{18}$, mit $^1/_{24}$ nicht schärfer; zwischen beiden Augen ist nur ein geringer Unterschied. Der Augenspiegel zeigt keine pathologischen Veränderungen. Ich erfahre ferner, dass die Unannehmlichkeiten beim Arbeiten seit einigen Jahren immer zunehmen; dass sie früher einmal, durch Fieber geschwächt, weder lesen noch nähen konnte; dass sie einst Augengläser

versuchte, aber vor dem Tragen derselben eindringlichst gewarnt wurde, etc. Sie bekommt Brillen $^1/_{16}$ zur Arbeit, mit der Anempfehlung hie und da für eine Weile auszusetzen und anfangs Abends nicht viel zu arbeiten. Im Verlaufe einer Woche hatte sie ihr Leiden vergessen; sie arbeitet sogar gelegenheitlich kurze Zeit ohne Brillen mit geringeren Beschwerden, und ich rathe ihr dazu, jedoch mit der Mahnung, bei den geringsten Anzeichen oder besser vor eintretender Ermüdung wieder zu den Gläsern zu greifen.

3. Asthenopische Kranke haben bisweilen eine traurige Vergangenheit und fürchten eine trübe Zukunft.

Der hochwürd. Herr G. D., 52 Jahre alt, sieht trübselig aus. „Bester Herr Professor," sagt er, „ich komme zu Ihnen, denn ich fühle, dass ich blind werde!" Seit 20 Jahren glaubt er beständig binnen Jahresfrist erblinden zu müssen; und sonderbar, obwohl er noch immer sieht, betrachtet er doch jedes Jahr als das letzte. So ist der Mensch! Sein Leben war ein ewiger Kampf mit seinen Augen. Schon als Kind konnte er nur mit Schwierigkeit lesen, als Student ermüdete ihn die geringste Anstrengung, und er war gezwungen, mehr durch Hören, als durch eigenes Lesen zu lernen. — Als Prediger musste er seine Predigten in grossen Schriftzügen niederschreiben und sie dann dennoch auswendig lernen. Und was das Aergste war, er konnte weder lesen noch arbeiten, ohne dass sich ihm der Gedanke aufdrängte, dass er dadurch seine endliche Erblindung beschleunige, ein Gedanke, welcher jede Sammlung des Geistes für einen bestimmten Gegenstand unmöglich machte. Dieselbe Furcht vor Erblindung hielt ihn ab, ein eheliches Bündniss, von welchem er sein ganzes Lebensglück abhängig dachte, zu knüpfen. Er hatte Zutrauen zur ärztlichen Kunst, treulich consultirte er In- und Ausländer, und wenn ein Optiker ihm Brillen gegeben hatte, die ihm Erleichterung verschafften, wurden sie bei der ersten Gelegenheit vom Augenarzte schonungslos, als verrätherisches Instrument, welches endlich unrettbaren, vollkommenen Sehverlust herbeiführen müsse, wieder entfernt. Endlich in seinem 40. Lebensjahre bekam er Convexgläser $^1/_{40}$ und gebraucht jetzt $^1/_{20}$. „Sehen Sie mit diesen Brillen in die Ferne?" war meine erste Frage. „Etwas besser," antwortet er, „aber noch immer sehr unvollkommen." Ich versuchte $^1/_{10}$. „O, viel besser," lautet sein Urtheil; nun gebe ich $^1/_8$. „Noch besser!" Mit einem Worte, er hatte $H = {}^1/_7$ mit $S = {}^{17}/_{20}$, und bei seiner geringen Accommodationsbreite brauchte er Gläser von $\frac{1}{5 \cdot 5}$, um in der Entfernung von einem Fusse leicht lesen zu können. Er erhielt $^1/_7$, um sie für gewöhnlich zu tragen. Der Mann war dankbar, wie ein Kind, und verliess mich, wie einer, der vom Verderben gerettet war. — Solche Opfer des Vorurtheiles gegen den Gebrauch von Convexgläsern sind kein seltenes Vorkommen.

4. Bei bestehender Hypermetropie kann Accommodationsparalyse zu beunruhigenden Symptomen Veranlassung geben.

E. K., ein Knabe von 10 Jahren, Sohn des Dr. K., bemerkte eines Morgens, dass er nicht lesen könne. Der Vater sieht, dass die Pupillen weit und unbeweglich sind. Er denkt an Accommodationsparalyse; der Knabe kann jedoch auch in der Ferne die Gegenstände nicht deutlich unterscheiden. „Da muss ein verstecktes Leiden des Sehnerven oder des Gehirnes zu Grunde liegen." Er bringt seinen Sohn zu mir. Ich constatire eine Lähmung des Sphincter pupillae an beiden Augen Weder beim Convergiren, noch beim Einfallen starken Lichtes zeigt sich Verengerung der Pupillen. Es fehlen also sowohl die accommodativen, als die Reflexbewegungen. Die Annahme einer Accommodationsparalyse ist daher vollkommen gerechtfertigt. Warum kann aber der Knabe auch in die Ferne nicht sehen? Ein Blick mit dem Augenspiegel klärt alles auf; es zeigt sich, dass ich auf ungefähr 12″ accommodiren muss, um das aufrechte Bild des Augenhintergrundes zu sehen, und da ich Emmetrop bin, hat unser Knabe also ungefähr $H = {}^1/_{12}$. Mit $^1/_{12}$ sieht er nun wirklich ausgezeichnet in die Ferne, mit $^1/_6$ auf einen Fuss Distanz. Jede Furcht vor Erkrankung des Sehnerven war nun geschwunden. Bei Besprechung

der Accommodationsanomalien werde ich auf ähnliche Fälle zurückkommen; hier sei nur so viel bemerkt, dass die Paralyse innerhalb vier Wochen beseitigt war, dass die Hypermetropie nach und nach wieder zum grössten Theile latent wurde, und dass der Knabe beim Lesen oder bei andern Arbeiten nicht länger mehr, selbst nicht über Ermüdung, zu klagen hatte. In einigen Jahren ist jedoch Asthenopie zu erwarten, und dann wird der Gebrauch von Convexgläsern während der Arbeit angezeigt sein.

5. Accommodationsparese bei jugendlichen Individuen ist kaum von Asthenopie durch Hypermetropie zu unterscheiden.

H. J., ein 14-jähriger Knabe, wird mit der Klage zu mir gebracht, dass er seit einiger Zeit unfähig sei zu lesen. Er sieht blass und schwächlich aus. Ich vermuthe Asthenopie entweder in Folge eines leichten Grades von Hypermetropie, oder besonderer schwächender Momente, oder in Folge von Accommodationsparese. Die Pupillen sind gut beweglich. „Fühlen Sie sich schwach?“ „Jawohl, ich habe seit einem Anfall von Halsschmerzen meine frühere Kraft noch nicht wieder erlangt.“ Die Articulation der Wörter ist unvollständig, der Knabe spricht durch die Nase, und statt der weichen explosiven Consonanten (*b*, *d*, *g*) werden, besonders zu Ende der Wörter, die entsprechenden Resonanten (*m*, *n*, *ng*) ausgesprochen (Parese des Gaumens). Diese Symptome sind charakteristisch für Ausgang von Angina diphtheritica (richtiger diphtherina). Ich nahm daher, trotz der Beweglichkeit der Pupillen, das Vorhandensein einer Accommodationsparese an. In die Ferne ist $S = 1$, und es wurden bisher weder Convex-, noch Concavgläser getragen; folglich haben wir es mit Emmetropie zu thun. Der Nahpunkt liegt anstatt in 3″ in 9″, und kann auch hier nur, gleichsam durch krampfhafte Spannung, erhalten werden. Genauer ist denn auch der Zustand durch die Klage bezeichnet, dass nur für einen Augenblick gelesen werden kann, während das Sehen in die Ferne ausgezeichnet ist. Von gewöhnlicher Asthenopie, als Folge von Hypermetropie, unterscheidet sich der Zustand durch sein rasches Eintreten (NB. etwa 14 Tage nach Ablauf der Angina), durch das leichte, andauernde Sehen in die Ferne (diess ward nicht vom Kranken beobachtet, sondern durch die Untersuchung ermittelt), und durch das fast unmittelbare Auftreten der Ermüdung und die vollständige Unmöglichkeit nahe Gegenstände zu sehen.

6. Muskuläre Asthenopie kann mit Hypermetropie zugleich vorkommen.

P. C., 20 Jahre alt, kommt mit den gewöhnlichen Klagen der Asthenopie, die schon seit früher Jugend besteht. Es wird $H m = 1/60$ constatirt, und Gläser für $H 1/24$, durch welche p in 6″ zu liegen kommt, für das Lesen werden angeordnet. Nach Verlauf einer Woche kommt der Kranke wieder; er kann wohl etwas, aber nicht viel länger beim Lesen ausdauern. Atropinparalyse zeigt $H = 1/12$. Es werden Gläser $1/16$ gestattet, mit welchen der Kranke, nachdem die Accommodationsparalyse aufgehört, entfernte Gegenstände wie im Nebel sieht und trotz $S = 1$ mit Vorliebe nur in einer Entfernung von 8″ liest; überdiess ist das Gefühl der Spannung in den Augen und in der Stirne stärker, als zuvor. Es drängt sich nun die Annahme von Muskelinsufficienz auf. Die Beweglichkeit ist nach jeder Richtung frei; Convergenz wird hingegen beim Annähern von Gegenständen nur bis auf 5″ erhalten, und unter der bedeckenden Hand weicht das eine Auge schon früher nach aussen ab; dagegen besteht Einfachsehen in die Ferne, wenn ein Prisma von 10° mit der Kante nach aussen vor das Auge gehalten wird, für welches eine Divergenz der Sehlinien von ungefähr 5° erforderlich ist (vergl. p. 132). Augenscheinlich sind daher die Mm. recti interni insufficient. Gläser von $1/16$, sehr nahe an einander gestellt, machen die geforderte Convergenz etwas geringer, ohne jedoch genügend zu helfen. Dauernde Hülfe wurde nur durch sphärisch-prismatische Gläser ($1/16$ mit Prisma von 5°) erreicht. In diesem Falle wären wir berechtigt gewesen, wenigstens auf einem Auge die Sehne des M. rectus externus zu durchschneiden; die Convergenz wäre leichter zu bewerkstelligen gewesen, und auch in die Ferne wäre kein Doppeltsehen aufgetreten. „Werde ich dann ohne Brillen lesen können?“ Ich war genöthigt eine verneinende Antwort zu geben. Und in der That würde es,

nachdem das Convergiren erleichtert worden wäre, nicht möglich gewesen sein, damit dieselbe Accommodationsspannung zu verbinden, und es hätte die bestehende Hypermetropie noch mehr als zuvor zu Asthenopie Veranlassung gegeben. Aus diesem Grunde musste auch bei der Verbindung mit einem Prisma das Convexglas stärker ($^1/_{16}$) gewählt werden. Meine Antwort schreckte den Kranken von der Operation ab. Die fast vollständige Latenz der Hypermetropie war mit Insufficienz der Mm. interni verbunden; das Prisma allein, ohne Combination mit einem sphärischen Glase, machte einen grössern Theil derselben manifest.

7. Hochgradige Hypermetropie bei Kindern wird fast ohne Ausnahme für Myopie gehalten.

Ein 6-jähriges Mädchen hat angeblich sehr schwache Augen. Wenn es etwas sehen will, läuft es zum grellen Lichte und hält den Gegenstand ganz nahe an die Augen. Seine ängstlichen Eltern hatten schon wiederholt ärztlichen Rath eingeholt; das Kind wurde allgemein für kurzsichtig gehalten. Der Umstand, dass es so eigenthümlich das grelle Licht aufsucht, um etwas zu sehen, lässt mich an der Richtigkeit dieser Annahme zweifeln; in solch einem Falle müsste nothwendigerweise beträchtliche Amblyopie mit der Myopie gepaart sein, nach dem äussern Anscheine zweifelte ich aber kaum an dem Vorhandensein von Hypermetropie Auf 3" Entfernung erkannte das Kind, den Kopf schräge haltend und die Augenlider nahezu geschlossen, Sn. Nr. III, kleinere Buchstaben erkannte es nicht; mit $^1/_6$ hingegen erkennt es Nr. II auf 8"; so war denn der Beweis hergestellt. S war $= ^1/_2$. Wahrscheinlich war Astigmatismus vorhanden, dessen genaue Untersuchung jedoch einer spätern Zeit, in welcher die Kranke genauern Aufschluss über sich zu geben in der Lage sein wird, vorbehalten bleibt. Einstweilen mag sie beim Lernen Gläser von $^1/_6$ gebrauchen, dieselben auch, wenn sie will, für gewöhnlich tragen. „Das wird sie wohl lieber nicht thun."

8. Jede Accommodationsspannung kann selbst bei leichtem Grade von Hypermetropie schmerzhaft sein.

Herr X., ein Lithograph von 21 Jahren, konnte bis vor einigen Monaten seine Arbeit ohne Beschwerden verrichten. Hier und da hatte er wohl ein peinliches Gefühl in den Augen, schrieb dasselbe aber übermässiger Anstrengung zu. In letzter Zeit sind die Schmerzen häufig und treten plötzlich so heftig auf, dass er von der Arbeit ablassen muss. Oberhalb der Augen fühlt er höchstens einen leichten Druck; in den Augen selbst setzt sich der Schmerz fest und ist zugleich stechend und drückend. Bald nach Unterbrechung der Arbeit hört der Schmerz jedesmal auf, und wenn er sich von Anstrengung und scharfem Fixiren zurückhält, kehrt er auch nicht wieder. Objectiv ist keine krankhafte Veränderung der Augen bemerkbar, die Bewegungen derselben sind ebenfalls frei, Divergenz bei vorgehaltenem Prisma unmöglich. Die Untersuchung ergibt blos $Hm = ^1/_{36}$. Nach künstlicher Mydriasis ist $Hm = ^1/_{24}$. Gläser von $^1/_{36}$ und von $^1/_{24}$ bringen keinen Nutzen. In seinen Jahren und bei einer Accommodationsbreite $= 1 : 4{\cdot}3$ hätte der Kranke auch wirklich die bestehende Hypermetropie leicht überwinden können. Frühere Fälle lehrten mich, dass jede andere Medication, als täglich wiederholtes Atropinisiren nutzlos sein würde. Ich nahm daher auch im gegenwärtigen Falle hiezu meine Zuflucht und verordnete zugleich für die Ferne Gläser $^1/_{24}$, für die Nähe $^1/_8$. Hiemit hörte auch der Schmerz auf. — Dieser Fall gehört eigentlich zu den Accommodationsanomalien. Ich habe ihn aber hier mitgetheilt, weil ich solche Krampfanfälle bei jeder Accommodationsspannung nur bei gleichzeitig bestehender Hypermetropie beobachtet habe. Sie sind jedoch sehr selten; ich habe sie im Ganzen nur drei Mal gesehen.

9. Man muss sich hüten scheinbare Asthenopie für wahre zu halten.

Frau N., 33 Jahre alt, eine kleine, schwache, nervöse Person, klagt, dass sie ihre Arbeit nicht lange fortsetzen könne. Sie wird bald müde, bekommt Schmer-

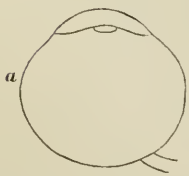
zen, das Auge beginnt zu thränen, und sie kann ihre Arbeit den ganzen Tag über nicht wieder aufnehmen. Besonders Abends muss sie sich vor jeder Anstrengung hüten; manchmal tritt auch einige Lichtscheu hinzu. Ich lasse sie lesen; sie hält das Buch ungefähr auf 10″ Entfernung und sagt, sie könne noch genau unterscheiden, wenn ich es auf 5″ annähere. Ich muthmasse schon, dass keine Hypermetropie vorhanden sei. In der Ferne ist $S = 1/2$, aber während positive Gläser die Sehschärfe noch mehr herabsetzen, wird beim Gebrauch von $-1/36$ $S = 1$, es ist daher $M = 1/36$ vorhanden. Eine genauere Untersuchung des Falles zeigt, dass er in mancher Hinsicht von Asthenopie durch Hypermetropie abweicht. Die Frau hat Schmerzen in den Augen selbst, welche eigentlich immer andauern und bei Anstrengung nur stärker werden; hingegen fehlt das charakteristische Gefühl der Spannung über den Augenbrauen; ferner sieht sie bis zum letzten Augenblicke scharf, und nur der Schmerz zwingt sie die Arbeit aufzugeben. Ausser diesen Symptomen ist gegenwärtig eine leichte Reizung der Augen dauernd vorhanden. Die Augenspiegeluntersuchung zeigt capilläre Hyperaemie des Sehnerven. Sonst ist nichts zu finden. Solche Fälle sind nicht selten; sie werden gewöhnlich zugleich mit Myopie beobachtet, kommen jedoch auch bei andern Augen vor. Es ist eine noch nicht genügend erklärte Form der Hyperaesthesie in Verbindung mit Erscheinungen von Congestion. Blaue Gläser, Ruhe der Augen, reizende Derivantien etc. waren nur zu oft gegen das Leiden vergebens in Anwendung gezogen. Solche Fälle zur Asthenopie zu rechnen, hiesse zwei sowohl ihrer Natur als ihren Erscheinungen nach ganz von einander verschiedene Zustände mit demselben Namen belegen.

10. Absolute Hypermetropie höchsten Grades, welche Myopie mit Amblyopie vorspiegelt.

(Dieser Fall wurde mir von Bowman freundlichst mitgetheilt, vergl. p. 216). Herr T., 25 Jahre alt, hat sehr kleine Bulbi, — so weit geurtheilt werden kann, würden sie im horizontalen Durchschnitt den Umfang von Fig. 122 *a* haben. Fig. 121 stellt den ungefähren Umfang der Cornea und Pupille dar. Der Durchmesser von vorn nach hinten ist zu kurz, desgleichen aber auch der quere und der verticale Durchmesser, so dass das Auge bei seitlicher Ansicht nicht zu flach erscheint. Die vordere Augenkammer ist eng (die Iris liegt nahe an der Cornea), die Pupille zeigt bei wechselndem Lichte die Weite, wie in beifolgender Figur ◎. Der Kranke erlaubte nicht die Pupille durch Atropin zu erweitern, um zu entscheiden, ob die Linse vorhanden sei. Ich überzeugte mich jedoch durch die katoptrische Probe genügend von ihrer Existenz, — da die Reflexion von der Vorderfläche sehr distinct war. Die concave Form der Iris und die Prominenz der Pupille sind daher augenscheinlich dem zuzuschreiben, dass die Iris durch die Linse nach vorwärts gedrängt wurde.

Fig. 121.

Fig. 122.



Als ich Herrn T. im Jahre 1856 das erste Mal sah, war er auf der Universität und hatte sich durch Fleiss ausgezeichnet, doch waren seine Augen sehr ermüdet, und deshalb consultirte er mich. Er gebrauchte damals für das rechte Auge ein Convexglas von $1/7$ für die Ferne, und wenn er dasselbe in 2 bis 3 Zoll Entfernung vor dem Auge hielt, konnte er ein Buch in 2 Fuss Entfernung lesen. Ohne Glas las er den feinsten Druck (Diamantschrift, Jäger Nr. 1) auf ungefähr $3/4$″ Entfernung. Er hatte bis dahin immer nur das rechte Auge gebraucht. Ich stellte nun Versuche an, auch das linke Auge in Gebrauch zu ziehen, aber in Bezug auf Bequemlichkeit ohne Erfolg, obwohl das Sehvermögen dieses Auges sich hiebei besserte.

Im Sommer 1857 hatte er es dazu gebracht, das rechte Auge beim Lesen ohne Glas zu verwenden, wenn er den Druck sehr nahe hielt. Er konnte so mit ziemlicher Bequemlichkeit lesen.

Im Mai 1862 hatte er für die Ferne eine Zeit lang starke Convexgläser, nämlich $\frac{1}{1\frac{7}{8}}$, zu gebrauchen und konnte mit denselben Jaeger Nr. 18 auf 8 Fuss erkennen; zum Lesen gebrauchte er $\frac{1}{1\frac{1}{4}}$ und konnte Jaeger Nr. 2 auf 4″ zur Zufriedenheit lesen, wenn die Beleuchtung nicht zu grell war.

§ 24. Strabismus convergens, als Folge von Hypermetropie.

Strabismus ist eine Abweichung in dem Stande der Augen, in Folge deren die beiden gelben Flecke Bilder von verschiedenen Objecten empfangen. Die Sehlinien kreuzen sich dabei nicht in dem Punkte, den man wahrzunehmen wünscht; nur eine von den beiden, die des nicht abweichenden Auges, ist auf jenen Punkt gerichtet. Unter dieser Abweichung leidet nicht allein der Ausdruck des Gesichtes durch den Mangel an Symmetrie seiner ausdrucksvollsten Theile, sondern durchweg ist auch, wenigstens auf einem der Augen, das Sehvermögen gestört, und immer entbehrt der Schielende der Vortheile des binoculären Sehens.

Schielen ist kein selbständiger Krankheitszustand; wie aus der gegebenen Definition hervorgeht, ist es nur ein Symptom, und zwar ein von sehr verschiedenen Zuständen abhängiges, das als solches mit anderen sehr verschiedenen Symptomen verbunden ist. Wer sich die Aufgabe stellt, ein Lehrbuch zu schreiben und darin systematisch alle Augenleiden zu behandeln, wird mehr als einmal Strabismus als mehr oder weniger constante Folge verschiedenartiger Zustände auf seinem Wege begegnen. Wiederholt wird Strabismus als Bestandtheil einer zusammengesetzten Anomalie vorkommen, worin er mit der Ursache, die ihm zu Grunde lag, und all dem, was weiter aus dieser Ursache hervorging, verbunden ist. Allein als selbständige Krankheitsform wird für ihn kein Platz sein. Nur die Semiotik hat über Schielen im Allgemeinen zu handeln.

War auch diese Vorstellung seit lange schon angenommen, so blieb man ihr doch nicht getreu. Man schlage nur die Handbücher auf. Ein bestimmtes Kapitel ist dem Strabismus gewidmet. Hier wird über alles gehandelt, was zu dieser Abweichung in Beziehung steht; anderswo wird sie nur flüchtig genannt. Selbst bei der Untersuchung der Ursachen wird an alle Formen zugleich gedacht, wie himmelweit sie auch im Grunde verschieden sind. In den Monographien ist es bisweilen nicht besser. Ist es dann befremdend, dass die Pathogenie des Strabismus noch so sehr im Dunkeln liegt? Es gehört zur menschlichen Natur, bei jeder auftretenden Erscheinung eine äussere Ursache vorauszusetzen und die erste beste als solche anzunehmen. Von dieser Leichtfertigkeit und Leichtgläubigkeit hat auch die Pathologie sich nicht ganz frei gemacht. In Bezug auf das Schielen wurde oft, auf die Autorität von Müttern und Kindsfrauen hin, in allerhand zufälligen Umständen die Ursache gesucht und so der Anlass übersehen, der von Anfang an in der Form des Auges bestand.

Wir wissen jetzt, dass bei weitem die meisten Fälle von Strabismus mit Refractionsanomalien zusammenhängen.

Nach der Richtung der Abweichung sind vor allem zwei Formen von Schielen zu unterscheiden: Strabismus convergens und Strabismus divergens.

Das Hauptergebniss unserer Untersuchung lässt sich nun in folgenden zwei Sätzen aussprechen:

1) Strabismus convergens findet meistens seinen Grund in Hypermetropie;

2) Strabismus divergens ist durchgehends Folge von Myopie.

Hier haben wir nur von Strabismus convergens zu handeln.

Zuvörderst lehrt die Erfahrung, dass Strabismus convergens in bei weitem den meisten Fällen mit Hypermetropie gepaart ist. In 172 von mir untersuchten Fällen wurde 133 Mal Hypermetropie des nicht abgewichenen Auges constatirt. In 9 Fällen bestand Myopie, 5 Mal in so hohem Grade, dass die Form des ausgedehnten, wenig beweglichen Augapfels keinen anderen Stand des Auges zuliess; in 13 Fällen wurde ein Unterschied in der Refraction der beiden Augen aufgezeichnet, 5 Mal lag Entzündung zu Grunde, mindestens 5 Mal war Paralyse vorausgegangen, 3 Mal bestand Complication mit Cataracta congenita, 2 Mal mit Nystagmus. Man sieht, wie sehr Hypermetropie in den Vordergrund tritt; in mehr als 77 Procent der Fälle kommt sie vor. Und doch bin ich überzeugt, dass, wenn man alle Fälle von Strabismus convergens, die bei einer gewissen Bevölkerung vorkommen, ohne Unterschied untersuchen könnte, Hypermetropie verhältnissmässig noch häufiger angetroffen werden würde. Denn einerseits wenden sich gewöhnliche Fälle von Strabismus convergens weniger allgemein an den Augenarzt, und gerade diese sind es, bei welchen Hypermetropie die einzige Ursache ist. Besteht dagegen eine Entzündung, eine Paralyse, oder sind sonst eigenthümliche Complicationen zugegen, so versäumen die Kranken nicht Hülfe zu suchen, und im Verhältniss zum Ganzen bekommt man also von diesen exceptionellen Fällen eine grössere Anzahl zu sehen. Weiter sind auch Fälle mitgerechnet, welche man gewöhnlich nicht unter Strabismus convergens begreift, wie ziemlich frische Fälle von Paralyse des M. abducens, wie zu stark convergirende, beinahe unbewegliche, myopische Augen u. s. w. Und endlich sind gewiss viel eher einzelne gewöhnliche, als aussergewöhnliche Fälle, deren Pathogenie nicht ganz aufgehellt war, vernachlässigt worden. Ich stehe desshalb nicht an, es für eine Ausnahme zu erklären, wenn man Strabismus convergens ohne Hypermetropie findet.

Im Allgemeinen sind es nicht die höchsten Grade von Hypermetropie, mit denen sich Strabismus verbindet. Oft ist sogar, wenigstens bei jugendlichen Individuen, die Hypermetropie gänzlich latent: sie wurde unwillkührlich durch Anspannung des Accommodationsvermögens neutralisirt und kam erst bei künstlicher Paralyse der Accommodation zu Tage. Wo sie manifest war, betrug sie $^1/_{30}$ — $^1/_{10}$, selten $^1/_7$ oder mehr. Die totale Hypermetropie wurde, sobald manifeste bestand, meistens nicht bestimmt, erreichte jedoch, namentlich bei jüngeren Individuen, natürlich einen beträchtlich höheren Grad. Bei $^1/_{30}$ manifester Hypermetropie liess sich in der Regel mit Sicherheit mehr als $^1/_{15}$ totaler annehmen, denn — wo, bei dem gänzlichen Fehlen der manifesten, die totale unter dem Einfluss der Accommodationsparalyse bestimmt wurde, blieb dieselbe selten unter $^1/_{15}$.

Da nun bei Strabismus convergens in der Regel Hypermetropie besteht, so ist hier kein anderer Zusammenhang denkbar, als dass Hypermetropie die Ursache der Abweichung ist. Jedenfalls ist Hypermetropie die primäre Anomalie, zu suchen in dem Bau des Auges und von Anfang an dem Auge eigen-

thümlich; Strabismus ist der secundäre Zustand, der erst einige Jahre nach der Geburt entsteht. In der ersten Periode, im Anfange des sogenannten periodischen Schielens, lässt sich constatiren, dass bereits Hypermetropie vorhanden ist; unbestreitbar geht sie also dem Schielen voran. Und nehmen wir noch dazu, dass das beginnende Schielen alsbald wieder aufhört, wenn die Hypermetropie durch ein Convexglas neutralisirt wird, so drängt sich uns unwiderstehlich der Schluss auf, dass Hypermetropie Strabismus verursachen kann. Es fragt sich also nur, wie sie diess vermag? Die Antwort auf diese Frage ist bereit.

Der Hypermetrop muss, um deutlich zu sehen, verhältnissmässig stark accommodiren, und zwar für jede Entfernung. Schon beim Sehen nach entfernten Gegenständen muss er durch Accommodationsanstrengung seine Hypermetropie zu überwinden streben, und in dem Maasse, als sich der Gegenstand nähert, muss noch so viel Accommodation hinzukommen, als das normale, emmetropische Auge im Ganzen brauchen würde. Das Sehen in die Nähe verlangt also besonders viel Anstrengung. Nun besteht aber, wie wir gesehen haben (p. 93), ein gewisser Zusammenhang zwischen Accommodation und Convergenz der Sehlinien. Je stärker man convergirt, desto kräftiger kann man sein Accommodationsvermögen in Thätigkeit setzen. Eine gewisse Neigung zu erhöhter Convergenz kann also bei Anstrengung des Accommodationsvermögens nicht ausbleiben. Diese Neigung besteht bei jedem Hypermetropen. Auch der Emmetrop wird sich davon überzeugen, wenn er negative Gläser vor seine Augen hält und sie dadurch zeitweilig in einen Zustand von Hypermetropie bringt. Deutlich bemerkt er, dass, bei jeder Bemühung scharf zu sehen, sogleich Doppelbilder als Folge erhöhter Convergenz aufzutreten drohen, und dass er bald nur die Wahl zwischen Undeutlichsehen und Schielen hat. Ihnen selbst unbewusst besteht dieser Conflict vielleicht für alle Hypermetropen.

Hypermetropie ist eine sehr verbreitete Anomalie. Ich habe die Ueberzeugung, dass sie noch viel häufiger vorkommt, als Myopie. Ist nun Strabismus convergens in der Regel Folge von Hypermetropie, so kommt Hypermetropie natürlich sehr häufig ohne Strabismus vor; man kann sogar sagen, dass sich nur in einer verhältnissmässig kleinen Anzahl der Fälle von Hypermetropie Strabismus entwickelt. Diess kann uns jedoch keineswegs befremden. Im Allgemeinen nämlich macht sich das Bedürfniss, einen Gegenstand mit beiden Augen zugleich einfach zu sehen, kräftig geltend. Die Richtung der Sehlinien wird hierdurch energisch bestimmt. Davon habe ich mich schon vor vielen Jahren, bei meinen Versuchen über die Wirkung prismatischer Gläser*), überzeugt. Bringt man ein schwach prismatisches Glas, mit der brechenden Kante nach innen, vor eines der Augen, so zeigt sich das fixirte Object sogleich doppelt; allein unwillkührlich tritt sogleich eine erhöhte Convergenz auf, in Folge welcher die Doppelbilder vereinigt werden. Nimmt man dann kurze Zeit darauf das Glas wieder weg, so kommen für einen Augenblick wieder Doppelbilder zum Vorschein, die ebenso rasch durch Verminderung der Convergenz verschwinden, gewissermaassen von selbst zusammenfliessen: die hierbei gemachte Bewegung geschieht nämlich so spontan, dass man sich

*) Nederlandsch Lancet. 2. Ser., D. III, p. 233, 1845.

derselben nicht einmal bewusst wird. Diese Abneigung gegen Doppelbilder, oder besser diess instinktmässige Festhalten am binoculären Sehen, bewahrt die meisten Hypermetropen vor Strabismus. Sie ziehen es vor, lieber das bequeme und scharfe Sehen aufzuopfern, als zu dulden, dass auf den beiden gelben Flecken verschiedene Gegenstände ihr Bild entwerfen. Hierin also haben wir den Grund, warum nicht fast alle Hypermetropen schielen. Man bedecke das eine Auge mit der Hand, während es, wie das andere, geöffnet ist, und bei den Meisten wird die Sehlinie baldigst nach innen abweichen. Dasselbe geschieht, wenn ein Emmetrop ein negatives Glas vor das nicht bedeckte Auge hält.

Es wirft sich nun von selbst die Frage auf: Welche Umstände müssen mitwirken, um bei Hypermetropen das Entstehen von Strabismus zu veranlassen?

Diese Umstände sind zweifacher Art:

a) solche, welche den Werth des binoculären Sehens vermindern;

b) solche, welche die Convergenz erleichtern.

Zu den ersteren gehören:

1. Angeborner Unterschied in der Sehschärfe oder dem Brechungszustande der beiden Augen. Bei Hypermetropen ist oft die Sehschärfe unvollkommen, bald auf einem, bald auf beiden Augen. Diess ist theils dem Astigmatismus zuzuschreiben, theils einer noch unbekannten Anomalie der Netzhaut.

Betrifft die verminderte Sehschärfe blos das eine Auge, dann wird bei zu grosser Convergenz das Bild dieses Auges nicht so sehr stören. Dasselbe ist der Fall, wenn der Grad der Hypermetropie auf dem abweichenden Auge ein höherer und das Bild auf diesem Auge demgemäss weniger scharf ist. In beiden Fällen wird also Strabismus leichter entstehen. Allein in doppeltem Maasse steigt die Disposition, wenn beide Umstände, höherer Grad der Hypermetropie und verminderte Sehschärfe, wie diess oft der Fall ist, auf dem einen Auge zugleich vorkommen. Ist das Auge lange Zeit abgewichen gewesen, dann tritt als Folge des Strabismus eine secundäre Verminderung der Sehschärfe auf, worauf wir später zurückkommen. Man kann indessen auch dann auf diesem Auge mit Hülfe des Augenspiegels oft noch einen höheren Grad von Hypermetropie constatiren.

2. Flecken der Hornhaut. Es ist oft beobachtet worden, dass beim Schielen das abgelenkte Auge oder auch wohl beide Augen Trübungen oder Flecken in der Hornhaut zeigen. Vor Kurzem haben noch Pagenstecher und Saemisch auf diess häufige Vorkommen von Hornhautflecken bei Strabismus aufmerksam gemacht. Es scheint mir aber nicht, dass Hornhautflecken für sich allein Strabismus zu veranlassen im Stande sein sollten. Wenn auch das Bild des zweiten Auges minder vollkommen ist, so lehrt doch die Erfahrung, dass auch dann dem binoculären Sehen der Vorzug gegeben wird, und es ist auch nicht wohl einzusehen, dass eines der Augen nur desshalb geneigt sein sollte abzuweichen, um lieber ein ganz anderes, als ein zwar differentes, aber doch gleichartiges Bild auf den gelben Fleck fallen zu lassen. Ruete*) hat auf gute Gründe hin den Streit zwischen Beer und Joh. Müller in diesem

*) Lehrbuch der Ophthalm. B. II, 520, Braunschweig, 1854.

Sinne entschieden.— Allein etwas ganz anderes ist es, ob nicht, beim Bestehen von Hypermetropie, Hornhautflecken und andere Trübungen die Neigung zu Strabismus vermehren werden; ob das minder scharfe Bild in der Sehachse nicht das Doppelbild weniger störend machen und den Widerwillen dagegen, der hier vor Strabismus bewahren muss, vermindern wird. Ich bin sehr geneigt diess anzunehmen. Ich finde wenigstens auch bei Hypermetropen mit Strabismus Hornhautflecken häufiger, als bei Hypermetropen ohne Strabismus. Zwar kann noch ein anderes Verhältniss, auf welches auch schon durch Ruete*) hingewiesen worden ist, zwischen Hornhautflecken und Strabismus bestehen: eine Entzündung nämlich, die Hornhautflecken hervorbringt, kann sich unter der Conjunctiva bis an einzelne Muskeln oder ihre Umhüllung erstrecken und zunächst eine spastische, hernach eine trophische Verkürzung der Muskeln hervorbringen. Oben bereits erwähnte ich solcher Fälle. Sie sind übrigens verhältnissmässig selten, können aber doch zum Theil das Uebergewicht der Hornhautflecken bei Hypermetropen mit Strabismus erklären.

In zweiter Reihe wird, wie ich beobachtete, das Entstehen von Strabismus durch Zustände befördert, welche die Convergenz erleichtern. Hier kommen in Betracht:

1. Besonderer Bau oder Innervation der Muskeln, leichte Beweglichkeit der Augen nach innen. Nicht selten kommt eine angeborne Insufficienz der Mm. recti interni vor. Es liegt auf der Hand, anzunehmen, dass auch das Umgekehrte stattfinden kann, und in der That convergiren manche Augen ohne besondere Anstrengung bis auf 3″, ja auf 2″ und 1·5″ vom Auge. Man darf annehmen, dass eben sowohl die Form und die Lage des Bulbus, als der Bau oder die Innervation der Muskeln hierauf Einfluss nehmen.

Während nun Insufficienz der Bewegung nach innen gegen Strabismus convergens sicherstellt, wird eine leichte Beweglichkeit in dieser Richtung die Neigung zu dieser Form von Strabismus erhöhen. Willkührlich kann er von vielen leicht in hohem Grade, von andern nicht oder nur höchst mühsam hervorgebracht werden; und wenn man erzählt, dass ein solches willkührliches, mehrmals aus Nachahmungssucht oder Spottlust hervorgebrachtes Schielen bei Einigen zu bleibendem Schielen Anlass gegeben habe, so nehme ich diess gern an unter der Voraussetzung, dass zugleich Hypermetropie bestand.

Uebrigens habe ich mich nie hinreichend davon überzeugen können, dass eine besondere Anlage zu Strabismus erblich sein sollte. Man verstehe mich wohl: in sehr hohem Grade erblich ist Hypermetropie; es gehört zu den Seltenheiten bei hypermetropischem Bau der Augen von einem der Eltern, nicht auch bei einem Theile der Kinder Hypermetropie zu finden. Allein ob diese Hypermetropie bei den Eltern mit Strabismus verbunden war oder nicht, das hat, wenn überhaupt, jedenfalls nur einen geringen Einfluss auf die Entwicklung derselben Anomalie bei den von ihnen gebornen hypermetropischen Kindern. Leidet in einer Familie einer oder der andere an Strabismus convergens, so kann man sich beinahe überzeugt halten, dass bei einzelnen andern Gliedern der Familie Hypermetropie vorhanden sein wird; aber dass in der-

*) l. c. p. 537.

selben Familie die meisten der Hypermetropen von Strabismus befallen werden, ist mir sehr selten vorgekommen.

2. Verhältniss zwischen Sehlinie und Hornhautachse. Oben sahen wir, dass im Allgemeinen bei Hypermetropen, um den Sehlinien eine parallele Richtung zu geben, eine mehr als gewöhnliche Divergenz der Hornhautachsen verlangt wird. Daher bei so vielen Hypermetropen scheinbarer Strabismus divergens. Auf der andern Seite wissen wir, dass die meisten Augen mühsam zum Divergiren gebracht werden: ein schwaches Prisma mit dem brechenden Winkel nach aussen vor das Auge gehalten, bringt bereits Doppelbilder hervor, welche die meisten Personen nicht im Stande sind, durch Divergenz der Sehlinien zu überwinden. Selbst zum Zwecke des Einfachsehens gelingt es Vielen nicht einmal, einige Grade mehr zu divergiren. Es liegt also auf der Hand, anzunehmen, dass, wenn zum Einfachsehen eine mehr als gewöhnliche Divergenz der Hornhaut- oder Sehachsen verlangt wird, sehr leicht nicht hinreichend divergirt wird. Diess bedingt dann von selbst, dass auch beim Sehen auf kleinere Abstände leicht zu viel convergirt wird. — Was unter 1. behandelt wurde, befördert die Convergenz auf eine absolute Weise; relativ hat das Verhältniss zwischen Sehlinie und Hornhautachse bei Hypermetropen denselben Erfolg. Bleibt nun beim Sehen auf grösseren Abstand die Divergenz der Hornhautachsen leicht ungenügend, so wird ebenso unter dem Einflusse der Hypermetropie die Convergenz beim Sehen in die Nähe relativ zu gross werden. Die Bedingung für die Entwicklung von Strabismus ist hiermit gegeben. Wirklich habe ich öfters beobachtet, dass bei Schielenden nach Tenotomie ein ansehnlicher Grad von Divergenz der Hornhautachsen nothwendig war, um die Sehlinien einen parallelen Stand annehmen zu lassen. Oft sind die Augen scheinbar vollkommen gut gerichtet, und doch bemerkt man, wenn beim Fixiren eines entfernten Punktes abwechselnd das eine oder das andere Auge mit der Hand bedeckt wird, dass das geöffnete Auge jedesmal noch eine ausgiebige Bewegung nach aussen machen muss, um den entfernten Punkt zu fixiren. Bisweilen ist diess in so hohem Grade der Fall, dass zum binoculären Sehen auf Abstand eine entstellende Divergenz erfordert wird. Diess brachte mich auf die Vermuthung, ob nicht, weil ja im Allgemeinen der grosse Werth des Winkels α das Entstehen des Strabismus bei Hypermetropie befördert, eine aussergewöhnliche Grösse dieses Winkels ganz besonders zu Strabismus convergens disponire. Um diese Vermuthung zu prüfen, wurde in zehn Fällen von Strabismus convergens der Winkel α gemessen. Die Messungen wurden nach der von mir beschriebenen Methode grösstentheils von unserem Assistenten Herrn Hamer mit der ihm eigenen Genauigkeit gemacht. Die nebenstehende Tabelle I enthält die Resultate.

Tabelle I.

Person	Geschlecht	Alter	Ablenkung	Auge	Refraction		α	S.	Anmerkung.
					Hm.	II.			
1	m.	23	Str. C. Od.	Od.	$\frac{1}{10}$?	$\frac{1}{5}$	5°·8	0·2	
				Os.	$\frac{1}{28}$	?	6°·5	0·67	
2	m.	15	Str. C. Os.	Od.	$\frac{1}{12}$	?	6°	1·0	
				Os.	$\frac{1}{12}$	?	7°	0·28	
3	w.	25	Str. C. Od.	Od.	?	?	6°·75	0·1	
				Os.	$\frac{1}{40}$	?	6°·5	0·85	
4	m	16	Str C. Od.	Od	?	?	?	0·01	Fixirt nicht.
				Os.	in H $\frac{1}{25}$? in V $\frac{1}{8}$	in H $\frac{1}{12}$ in V $\frac{1}{24}$	7°	0·45	
5	w.	23	Str. C. Od.	Od.	in H ? in V ?	in H $\frac{1}{24}$? in V $\frac{1}{40}$?	8°	0·2	As ?
				Os.	$\frac{1}{20}$?	in H $\frac{1}{11}$ in V $\frac{1}{16}$	7°	0·5	As = $\frac{1}{35}$
6	m.	12	Str. C. Alt.	Od.	? ?	in H $\frac{1}{16}$ in V $\frac{1}{8}$	7° 5	0·4	As = $\frac{1}{16}$
				Os	? ?	in H $\frac{1}{10}$ in V $\frac{1}{20}$	8°	0·25	As = $\frac{1}{20}$
7	m.	19	Str. C. Alt.	Od.	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{6}$	8°·5	0 66	
				Os.	$\frac{1}{16}$	?	7°	1	
8	m.	22	Str C. Os.	Od.	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{6}$	9°	1	
				Os.	$\frac{1}{10}$	?	7°·5	0·41	Strabismus, der auf Mydriasis des Od. schwindet.
9	w.	18	Str. C. Od.	Od.	$\frac{1}{20}$?	?	?	0·025	Fixirt nicht.
				Os.	$\frac{1}{24}$	?	9°	0·4	
10	w.	16	Str. C. Alt.	Od.	$\frac{1}{18}$	?	10°·1	1	
				Os.	$\frac{1}{16}$	?	9°	1	

Hm bedeutet Hypermetropia manifesta.
H „ „ totalis bei Mydriasis.
α „ den Winkel zwischen Hornhautachse und Gesichtslinie.
S „ Sehschärfe.
Str. C. Od. „ Strabismus convergens oculi dextri.
Str. C. Os. „ „ „ „ sinistri.
Str. C. Alt. „ „ „ alternans.
As „ Astigmatismus.
In H „ im Meridiane des Krümmungsminimums (gewöhnlich der horizontale).
In V „ im Meridiane des Krümmungsmaximums (gewöhnlich der verticale).
? „ gar nicht oder nicht genau bestimmten oder nicht bestimmbaren Werth.

In Fall 8 war permanenter Strabismus vorhanden, welcher, seltsam genug, zeitweilig bei künstlicher Mydriasis des scharfsehenden rechten Auges verschwand; das linke Auge hatte die ordentliche Richtung, ohne dass das rechte desshalb abwich.

Diese Tabelle zeigt auf's Neue, was sich oben bereits herausgestellt hat, dass der Winkel α für beide Augen desselben Individuums in der Regel nahezu gleich ist. Darum wurde auch für Nr. 4. *Od.* und Nr. 9. *Od.*, welche wegen verminderter Sehschärfe nicht fixirten, bei der Berechnung des mittleren Werthes für beide Augen, $\alpha = \alpha$ des linken Auges angenommen. Als Mittel erhielten wir nun $\alpha = 7^{0}{\cdot}63$. Diess übersteigt die früher gefundene mittlere Grösse von $\alpha = 7^{0}{\cdot}3$ bei nicht schielenden Hypermetropen nur wenig; allein unter diesen waren, um den Einfluss auf die Lage des Drehpunktes recht hervortreten zu lassen, absichtlich besonders hohe Grade von Hypermetropie, mit denen auch α steigt, ausgewählt. Um eine bessere Grundlage zur Vergleichung zu erhalten, wurde darum auch noch der Winkel α in einigen Fällen von Hypermetropie bestimmt, welche im Grade ungefähr der Hypermetropie der Schielenden gleich waren. Die Resultate sind auf der folgenden Tabelle II vereinigt.

Tabelle II.

Person	Geschlecht	Alter	Auge	Refraction			α	S.	Anmerkung.
				Hm.	H.	H. ?			
1	m.	19	Od.	$\frac{1}{26}$	?	$\frac{1}{14}$	$4^{0}{\cdot}5$	0·85	As?
			Os.	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$3^{0}{\cdot}6$	0·85	As?
2	w.	50	Od.	$\frac{1}{12}$	?	$\frac{1}{13}$	5^{0}	?	
			Os.	$\frac{1}{12}$	?	$\frac{1}{12}$	5^{0}	?	
3	m.	55	Od.	$\frac{1}{12}$	?	$\frac{1}{12}$	5^{0}	?	
			Os.	$\frac{1}{12}$	?	$\frac{1}{12}$	5^{0}	?	
4	m.	60	Od.	$\frac{1}{28}$	?	$\frac{1}{60}$	$5^{0}{\cdot}75$	1	
			Os.	$\frac{1}{26}$	?	$\frac{1}{50}$	$5^{0}{\cdot}5$	0·95	
5	w.	21	Od.	$\frac{1}{36}$	?	$\frac{1}{12}$	$6^{0}{\cdot}25$	1	
			Os.	$\frac{1}{36}$	?	$\frac{1}{12}$	$5^{0}{\cdot}9$	1	
6	m.	9	Od.	$\frac{1}{12}$	?	$\frac{1}{6}$	$6^{0}{\cdot}5$	?	
			Os.	$\frac{1}{12}$	?	$\frac{1}{6}$	6^{0}	?	
7	m.	14	Od.	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	7^{0}	0·4	As.
			Os.	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	6^{0}	0·32	As.
8	m	62	Od.	$\frac{1}{6}$	?	$\frac{1}{7}$	7^{0}	0·25	
			Os.	$\frac{1}{6}$	?	$\frac{1}{7}$	7^{0}	0·25	
9	w.	13	Od.	$\frac{1}{24}$	?	$\frac{1}{7}$	$8^{0}{\cdot}5$	1	
			Os.	$\frac{1}{20}$	?	$\frac{1}{6}$	$8^{0}{\cdot}75$	1	
10	m.	36	Od.	$\frac{1}{24}$	?	$\frac{1}{11}$	$8^{0}{\cdot}8$	1	
			Os	$\frac{1}{24}$	?	$\frac{1}{11}$	$9^{0}{\cdot}2$	1	
11	m.	21	Od.	$\frac{1}{10}$	?	$\frac{1}{6}$	9^{0}	0·9	
			Os.	$\frac{1}{10}$	?	$\frac{1}{6}$	9^{0}	0·9	

Columne H ? gibt die totale Hypermetropie, durch Rechnung auf die Jugendperiode reducirt, an.

Erstens findet man bei diesen nicht schielenden Hypermetropen α im Mittel $= 6^{0}{\cdot}56$, d. i. $1^{0}{\cdot}07$ kleiner als bei den Schielenden. Zweitens stellt sich klarer heraus, dass der Grad der Hypermetropie von Einfluss auf α ist. Diess zeigt schon die Vergleichung mit dem bei hohen Graden von Hyperme-

tropie gefundenen Mittel $\alpha = 7^{0}3$. Aber noch deutlicher kommt es auf Tabelle II zum Vorschein, auf welcher die Individuen nach der Grösse von α geordnet sind, und unter *II?* der vermuthliche Grad der totalen Hypermetropie für ein Alter von 14 Jahren geschätzt wurde; es springt sogleich in die Augen, dass dieselbe ungefähr gleichen Schritt mit α hält. Zur Schätzung von *II?* dienten mir, unter Berücksichtigung des Alters, die gefundene *IIm* und bisweilen auch *II*; sie weicht gewiss wenig von der Wahrheit ab.

Das Resultat ist also, dass, bei gleichen Graden von Hypermetropie, ein hoher Werth von α besonders zu Strabismus convergens disponirt. Diesem Resultate lege ich um so mehr Bedeutung bei, als dadurch im Allgemeinen bewiesen wird, dass der der Hypermetropie eigenthümliche grössere Winkel α für den Zusammenhang zwischen Hypermetropie und Strabismus convergens nicht gleichgültig ist.

Bei den höchsten Graden von Hypermetropie wird Strabismus selten beobachtet. Diess kann nicht befremden. Reicht ja doch hier das Accommodationsvermögen selbst bei abnorm erhöhter Convergenz noch nicht hin, um scharfe Bilder hervorzubringen. Man wird also viel mehr dahin geführt, aus unvollkommenen Netzhautbildern durch Uebung richtige Vorstellungen zu gewinnen, als durch ein Maximum von Anstrengung die Netzhautbilder möglichst zu verbessern. Oben bereits sahen wir, dass Strabismus am häufigsten bei mittleren Graden von Hypermetropie gefunden wird. Diese gehören zur relativen Hypermetropie: das Auge kann sich für parallele und selbst für divergirende Strahlen einrichten, für einige Zeit auch die Accommodation festhalten, jedoch nur bei einer Convergenz der Sehlinien auf einen dem Auge näher gelegenen Punkt, als der, von welchem die Strahlen ausgehen. Das Minimum von Hypermetropie, bei welchem Strabismus entsteht, hängt ohne Zweifel mit von dem Winkel α und der Accommodationsbreite ab: je kleiner diese und je grösser α ist, desto geringere Grade von Hypermetropie werden hinreichend sein. Allein an und für sich bringt verminderte Energie oder Parese der Accommodation ebenso wenig Strabismus hervor, wie die an das Zunehmen der Jahre gebundene Abnahme der Accommodationsbreite.

Was die äusseren Ursachen betrifft, so findet man oft das Fixiren naher, namentlich seitlich gelegener Gegenstände erwähnt, wie z. B. eines Federchens an der Mütze, der Flamme einer Kerze, eines Stückes Spielzeug u. dgl. m. Man wird aus dem Vorhergehenden entnommen haben, dass ich dem wenig Bedeutung zuerkenne. Wenigstens halte ich mich davon überzeugt, dass das emmetropische Auge dadurch nicht schielend werden wird. Allein nicht so unbedingt würde ich behaupten können, dass für das hypermetropische Auge hierin keine Veranlassung zu Strabismus gelegen sein könnte. Namentlich das Fixiren seitlich gelegener Gegenstände könnte Einfluss haben. Dabei kommt es nämlich vor, dass der fixirte Punkt nur von einem Auge gesehen werden kann, während das Gesichtsfeld des andern durch die Nase beschränkt ist; und wenn nur das eine Auge den Gegenstand sieht, dann ermangelt das zweite des Führers, der seine Bewegungen lenkt, und es steht nichts im Wege, dass zum Zwecke des deutlichen Sehens von den Hypermetropen zu stark convergirt wird. Es lässt sich, wie ich glaube, nicht wohl läugnen, dass auf diese Weise die Mm. recti interni ein Uebergewicht bekommen könnten, welches der weiteren Entwicklung des Strabismus in die Hand arbeiten würde.

Oben habe ich schon bemerkt, dass das Schielen in Art und Form verschieden ist, je nach seinen Ursachen, je nach der Art der Krankheit, deren Folge es ist, und mit der es in einem und demselben Krankheitsbilde auftritt. Diess gilt in jeder Beziehung auch von dem durch Hypermetropie bedingten Strabismus. Indem er aber die gewöhnlichste, die typische Form von Strabismus convergens ist, so ist es sehr natürlich, dass, was als Strabismus im Allgemeinen beschrieben wird, gerade auf diese Form passt. Man erlaube mir davon eine kurze Skizze zu geben. Ich werde dabei viele bekannte Sachen aufnehmen müssen, aber auf diese Weise doch am besten Gelegenheit finden, noch einige Bemerkungen über die Art, die Symptome und die Pathogenie hinzuzufügen.

Convergirendes Schielen, als Folge von Hypermetropie, sieht man meistens um das fünfte Jahr entstehen, wahrscheinlich desshalb, weil sich das Streben, scharf zu sehen, dann zu entwickeln anfängt; auch ist die Accommodationsbreite dann gross genug, um durch eine einigermaassen erhöhte Convergenz die Hypermetropie leicht zu überwinden. Den Erzählungen über das Entstehen bei oder kurz nach der Geburt, in Folge von Convulsionen oder anderen Krankheiten, ist in der Regel kein Glauben zu schenken. Ausnahmsweise entsteht es nach dem siebenten, bisweilen selbst noch mit achtzehn Jahren, ohne dass besondere Gelegenheitsursachen zu finden sind. Anfänglich ist die Abweichung eine vorübergehende, an das Fixiren gebunden, d. h. an eine Anstrengung zum scharfen Sehen —, bisweilen allein an das Fixiren nahe gelegener Gegenstände; sie weicht wieder, wenn das Fixiren aufhört, oder die Augen geschlossen werden. Diess ist das sogenannte periodische Schielen, welches von einigen als besonderes Stadium beschrieben wird. Auch wenn das Schielen sich erst im Alter von 16 bis 18 Jahren entwickelt, hört man schon in diesem Stadium keine Klagen über Doppeltsehen mehr. Diess erklärt sich, meines Erachtens, aus dem Umstande, dass die Abweichung allein bei dem Bestreben entsteht, einen bestimmten Gegenstand scharf zu sehen. Auf diesen Gegenstand ist die Aufmerksamkeit gelenkt. Auf ihn bleibt die eine Sehlinie gerichtet. Sein Doppelbild liegt in dem abweichenden Auge ausserhalb des gelben Fleckes und muss sich schon darum undeutlich zeigen, so dass es, gegenüber dem direct fixirten, nicht leicht als Doppelbild wahrgenommen wird; auf dem gelben Fleck hingegen erscheint das Bild eines ganz anderen Gegenstandes, mit dem man sich durchaus nicht beschäftigt, und von dem also auch leichter abstrahirt wird. — Bisweilen bleibt diese Form des sogenannten periodischen Schielens sehr lange oder selbst auf die Dauer beim Sehen nahegelegener Gegenstände fortbestehen. Stoeber[1]) und Arlt[2]) haben beide je einen merkwürdigen Fall der Art beschrieben, deren Ursache ihnen jedoch unbekannt bleiben musste.

In den meisten Fällen wird aber der Strabismus bald constant. Die Regel ist nun, dass stets ein und dasselbe Auge abweicht (Strabismus simplex); diess galt bereits, als das Schielen noch periodisch war. Wenn es bei Hypermetropie alternirend vorkommt, sind häufig andere Ursachen im Spiel. Das Schielen ist meistens concomitirend; die Bewegungen sind frei, die Excursion normal, jedoch mit übermässiger Beweglichkeit nach innen, beschränkter

[1]) Ann. d'Oculistique. XXXIII, p. 177. 1855.
[2]) l. c. III, p. 312.

nach aussen, auf beiden Augen, obgleich immer ein und dasselbe abweicht, das andere constant gut gerichtet ist. Beide innern Augenmuskeln sind also als verkürzt zu betrachten. Die Verkürzung, anfangs dynamisch, ist beim constanten Strabismus organisch geworden: sie ist die Folge von excessiver Contraction mit Erschlaffung der Antagonisten; krankhafte Structurveränderung ist nicht vorhanden. Dass beide innern Muskeln verkürzt sind, hängt von der Gewohnheit ab, den fixirten Gegenstand nach der Seite des abgelenkten Auges zu halten, so dass auch auf dem nicht abgelenkten der M. rectus internus zu relativ starker Zusammenziehung gebracht wird. Bei dieser Stellung wird die Hypermetropie des nicht abweichenden Auges am besten überwunden. Auch wenn der Strabismus constant geworden ist, verbindet sich mit dem Fixiren eine relativ stärkere Contraction beider innern geraden Muskeln, wodurch der Schielwinkel zunimmt, — bei schon bestehendem grossem Ablenkungswinkel nur in geringerem Maasse, weil erhöhte Spannung dann eine geringere Bewegung zur Folge hat: nach Tenotomie kommt in diesen Fällen beim Fixiren die Zunahme der Convergenz häufig wieder sehr stark zu Tage. Dieses Zunehmen der Convergenz beim Fixiren, wenn durch Tenotomie ein richtiger Stand erhalten worden war, ist aus einem doppelten Gesichtspunkte wichtig. Erstens betrifft es hier Erwachsene, die erklären, die Convergenz deutlich zu fühlen und zugleich wahrzunehmen, dass sie dieselbe gleichsam willkührlich hervorbringen, um schärfer zu sehen. Ein directerer Beweis, dass Hypermetropie zu Strabismus führt, ist sicher nicht zu geben. Wir haben hier gewissermaassen ein Zurückkehren zu der ersten Periode mit dem Unterschiede, dass die Abweichung in ihrem Grunde und ihrer Bedeutung nun durch die Person selbst beobachtet werden kann, während, ebenso wie in dem ursprünglich ersten Stadium das Entstehen, hier das Recidiv, durch convexe, die Hypermetropie neutralisirende Gläser zu verhüten ist. Die praktische Anweisung, nach Tenotomie in derartigen Fällen bei der Arbeit Convexgläser zu tragen, gibt den zweiten Gesichtspunkt ab, wesshalb wir das Symptom wichtig nannten.

Die Sehschärfe des abgelenkten Auges nimmt bei Strabismus simplex mehr und mehr ab. Anfänglich richtet sich, wenn man die Hand vor das fixirende Auge bringt, das abgelenkte Auge gehörig auf den Gegenstand; es kann, selbst wenn die Hand weggenommen wird, das ursprünglich abgelenkte Auge das fixirende bleiben, um dann jedoch bald, gewöhnlich wenn eine Bewegung nothwendig wird, oder schon beim ersten Blinzeln mit den Augenlidern, dem andern Platz zu machen. Dann hat die Sehschärfe auf dem abgewichenen Auge auch wohl schon abgenommen, aber sie bleibt doch noch eine ziemliche Zeit hindurch genügend, kann sich durch Uebung wieder herstellen und wird nach der Tenotomie meist unmittelbar besser. Nach einiger Zeit jedoch richtet bei Ausschliessung des fixirenden Auges das abweichende seine Sehlinie nicht mehr auf den Gegenstand; sie schiesst an der Innenseite vorbei, so dass das Netzhautbild des Gegenstandes auch auf die Innenseite der Netzhaut zu liegen kommt. Wenn diess der Fall ist, so kann man schliessen, dass sowohl in der Sehlinie, als auch in dem für beide Augen gemeinschaftlichen Sehfelde die Sehschärfe des abgelenkten Auges um vieles vermindert ist; während dagegen die des indirecten Sehens auf dem innersten Theile der Netzhaut, insofern als es sein eigenes Sehfeld hat und Gegenstände sieht, die nicht auf der Netzhaut

des andern Auges abgebildet werden, unvermindert geblieben ist. Wieder ist v. Graefe der erste, der diesen Verlust der physiologischen Empfindlichkeit durch psychische Ausschliessung genau untersucht hat. In der That eine bemerkenswerthe Erscheinung! Dass wir durch Aufmerksamkeit unsere Sinnesorgane schärfen können, ist eine bekannte Thatsache. Wie bald umgekehrt ein Nerv abgestumpft werden kann, von dessen Eindrücken wir psychisch zu abstrahiren wünschen, davon liefert das hier Erwähnte ein für die ganze Physiologie wichtiges Beispiel. Obgleich dabei keine organischen Veränderungen der Netzhaut wahrzunehmen sind, so ist doch im Allgemeinen weder durch Uebung, noch durch Tenotomie eine irgend bedeutende Verbesserung mehr zu erhalten. Wir dürfen aber über diesen Punkt nicht allzu rasch entscheiden. Es gibt eine Zeit, in welcher das abgelenkte Auge selbst grosse Gegenstände nur indirect sieht, und wo es, beim Gebrauche von Convexgläsern, trotzdem rasch direct sehen, d. h. die Macula lutea gebrauchen wird, um verhältnissmässig kleine Gegenstände, wie z. B. die Buchstaben von Nr. *X* und *XX*, zu erkennen. Zu dieser Zeit können wir zuweilen durch Uebung und durch die Tenotomie noch glänzende Erfolge erzielen.

Noch ein Wort zur praktischen Anwendung dessen, was bisher gesagt worden. Ich habe schon oben nachgewiesen, dass, solange der Strabismus nur vorübergehend beim Fixiren von Gegenständen auftritt, seine weitere Entwicklung durch das Tragen von Convexgläsern, welche die bestehende Hypermetropie neutralisiren, verhindert werden kann. Diese Beobachtung machte ich zuerst bei einem jungen Manne, welcher erst in seinem 18. Jahre beim Fixiren anfing zu schielen. Er hatte $Hm = {}^1/_{20}$. Nachdem er zwei Tage Gläser von ${}^1/_{20}$ getragen, war er nicht mehr im Stande, um genauer zu sehen, das eine Auge abzulenken. Er sah dann auch in der Ferne undeutlich, und erst eine halbe Stunde nach Ablegen der Brillen konnte er wieder schielen und dabei genau sehen. Durch längeres Tragen der Brillen hörte die Fähigkeit zu schielen ganz auf, und jede Neigung dazu verlor sich. Tritt das Schielen sehr früh auf, so ist das Tragen von Brillen natürlich mit Schwierigkeiten verbunden, besonders Mädchen zeigen sich sehr unwillig bei der Zumuthung das ganze Leben hindurch Brillen zu tragen. In solchen Fällen beschränke ich mich gewöhnlich darauf, die Kranken täglich zweimal durch einige Minuten blos das abgelenkte Auge[1]) gebrauchen zu lassen, und diese Uebung genügt, die Abnahme der Sehschärfe und die Einengung des Gesichtsfeldes zu verhindern. Später, wenn das Schielen constant geworden ist, wird dann die Operation vorgenommen. Zieht aber der Kranke vor, um dem Schielen zu entgehen, Brillen zu tragen, so erlaube ich es gerne, und der Zweck wurde auch fast ausnahmslos dadurch erreicht. Auch Mooren[2]) hat kürzlich mitgetheilt, dass er, bei ziemlich hohen Graden von *Hm* im ersten Stadium des Strabismus, den Gebrauch von Convexgläsern mit gutem Erfolge vorgeschrieben habe. In verhältnissmässig hohen Graden von Hypermetropie ist wirklich die Verhinderung des Schielens

[1]) Wird das Auge, welches für gewöhnlich zum Sehen verwendet wird, durch Atropin gelähmt, so wird das andere Auge unmittelbar zum Sehen gezwungen. Man hat diess Mittel desshalb mitunter bei ganz jungen Kindern empfohlen, wo es noch nicht angezeigt ist, zu operiren.

[2]) Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde. B. I, H. 1. 1863.

ganz besonders wünschenswerth, da selbst nach vollkommener Tenotomie nachträglich die Neigung zu Strabismus andauert, und der Gebrauch von Convexgläsern, um einen Rückfall zu verhüten, wenigstens für Arbeiten in der Nähe denn doch nothwendig wird. Ueberdiess habe ich beobachtet, dass bei Hypermetropen, welche bei schon constantem Strabismus, besonders nach ungenügender Tenotomie, dauernd Convexgläser tragen, der Grad des Strabismus oft so sehr abnimmt, dass die Verunstaltung beinahe ganz gehoben erscheint.

Wenn wir nun fragen, ob bereits früher der Grund des Strabismus in der Hypermetropie gesucht worden ist, so müssen wir diese Frage entschieden verneinend beantworten. Freilich liegt diess beinahe in der Natur der Sache. Erst vor wenigen Jahren wurde ja die Hypermetropie richtig erkannt. Die ganz oder grossentheils latenten Formen waren übersehen worden, bis ich mich von ihrem Bestehen überzeugte, und nun fing mir auch sogleich ihre Beziehung zum Strabismus an einzuleuchten. Ohne Zweifel wurde diese Einsicht unterstützt durch das, was vor mir gefunden und in der Literatur niedergelegt war. Um von einzelnen isolirten Beobachtungen nicht zu sprechen [1]), die nach der Entdeckung der Hypermetropie ihre Anwesenheit beim Strabismus deutlich genug hervortreten lassen, muss ich in erster Reihe auf Böhm's [2]) Untersuchungen über das Schielen hinweisen, worin mit deutlichen Worten zu lesen ist, dass Schielende einen gewissen Druck mit Hülfe convexer Gläser auf grösseren Abstand unterscheiden können, als mit unbewaffnetem Auge. In dieser Bemerkung liegt ein wesentliches Verdienst, und sie würde zur Entdeckung der Hypermetropie und namentlich von Hypermetropie bei Strabismus haben führen können, wenn Böhm bei gründlicher Kenntniss der Dioptrik die wahrgenommene Thatsache verstanden und richtig erklärt hätte. Anstatt jedoch an einen Zustand zu denken, bei welchem die Netzhaut vor dem Brennpunkte des Auges lag, nimmt Böhm seine Zuflucht zu einer räthselhaften Verbindung von „physischer Presbyopie“ mit „vitaler Myopie“, und war jedenfalls weit davon entfernt, die Ursache des Schielens in Hypermetropie zu suchen. Bei der Untersuchung über das Entstehen und die Ursachen verfällt er in denselben Fehler, wie alle seine Vorgänger. Er forscht ihnen nach, nicht für eine bestimmte Form von Strabismus, für ein wahrhaftiges Krankheitsbild, sondern für ein Symptom: Schielen im Allgemeinen. Von durchaus verschiedenen Zuständen werden so die Ursachen in bunter Vereinigung gesucht und ihnen nachgegangen. Dass auf diesem Wege die Pathogenie des Schielens ihre Räthsel nicht enthüllen würde, liess sich voraussehen. Aber noch mehr! Wo Böhm „die Entstehung des Schielens vom Auge aus“ (p. 5) behandelt und weiter „die Aetiologie des Schielens, welche vom Auge aus entstand“ (p. 16), zur Sprache bringt, ist und bleibt ihm der Zustand des abweichenden Auges die Hauptsache. Er spricht hier von „Kurzsichtigkeit des einen Auges bei normalem Verhalten des andern“, von „Hebetudo des einen Auges“, von „Schwachsichtigkeit eines Auges“, und lässt stets das von der Anomalie betroffene Auge abweichen. In dieser Abweichung sieht er das Streben, diess Auge auszuschliessen, aber keineswegs eine Anstrengung, um die Schärfe der Netzhautbilder auf dem nicht abgelenkten Auge zu verbessern. Was wir also oben als einen der Umstände annahmen, unter welchen das Auge sich leichter dem binoculären Sehen entziehen lässt, ist für ihn die alles bedingende Ursache. Böhm war also ebenso weit entfernt, den Grund des convergirenden Schielens zu verstehen, wie jeder Andere.

Später war v. Graefe [3]) gewiss nahe daran, in der Hypermetropie die Ursache des Strabismus convergens zu erkennen. Er behandelte jedoch nicht bestimmt die Pathogenie des Schielens. Er bittet selbst um Entschuldigung, wenn im Vorbeigehen einige Bemerkungen darüber seiner Feder entfallen. Wir würdigen diese Bemerkungen als so viele nützliche Winke, doch mussten seine Bestrebungen desswegen, weil es

---

[1]) Vergl. de Haas, Geschiedkundig onderzoek omtrent hypermetropie en hare gevolgen. 1862. p. 61.

[2]) Böhm, das Schielen. Berl., 1845. Ich kann hier grossentheils de Haas l. c. folgen, der, wie er mittheilte, diesen Theil seiner Dissertation meinen Vorlesungen entlehnte.

[3]) Arch. f. Ophthalm. B. III, Abth. 1. p. 277.

ihm nicht einfiel, die Hypermetropie als Element mit hineinzuziehen, grösstentheils unfruchtbar bleiben.

Von Graefe hebt als bekannt hervor, dass dem constanten Schielen sehr häufig, ja in der Regel, ein „intercurrentes oder periodisches Schielen" vorausgehe. Später bemerkt er, dass nicht alle Fälle von intercurrentem Schielen in das stabil concomitirende übergehen. So lange diess nicht geschehen war, mussten diese Fälle vom Gesichtspunkte der operativen Hülfe aus zu besonderen Bemerkungen Anlass geben. Darum bringt v. Graefe sie zur Sprache. Allein offenbar hat er auch gefühlt, dass die diesen Fällen eigenen Symptome für das Forschen nach der Pathogenie eine besondere Bedeutung hatten; aus dem pathogenetischen Gesichtspunkte betrachtet er ja doch die drei von ihm unterschiedenen Kategorien:

1. Kranke, welche beim gedankenlosen Blick keine auffallende Ablenkung zeigen, wohl aber, sobald sie einen bestimmten Gegenstand, sei er nahe oder fern, scharf fixiren. Von Graefe denkt daran, dass von dem schielenden Auge eine Störung des gemeinschaftlichen Sehactes ausgehen könne, und dass darum sein Bild willkührlich bei Seite geschoben wird. Dass dadurch dann bleibendes Schielen würde entstehen können, liegt auf der Hand: damit aber hält er nicht Alles für erklärt. „Wenn unter bestimmten Verhältnissen des Sehactes, nämlich beim scharfen Auffassen der Netzhautbilder", so lesen wir l. c. p. 281, „eine Ablenkung stattfindet, im Uebrigen aber nicht, so muss immer noch ein jedesmal wirksames Mittelglied zwischen dem Sehact und zwischen den Augenmuskeln aufgesucht werden." Ferner: „Wenn es nicht die Störung der doppelseitigen Netzhautbilder ist, so bieten sich zunächst die Verhältnisse der Accommodation dar."

In Bezug auf das zuerst Gesagte bemerkt jedoch v. Graefe, dass beim Fixiren auf jeden Abstand, auch hinter der bedeckenden Hand, das eine Auge abweiche, und während ihm in Bezug auf das zuletzt Gesagte nicht einfiel, dass Hypermetropie zu Grunde liegen könne, weiss er keine andere als diese einigermaassen dunkle Erklärung zu geben: „Eine jede auf die Verarbeitung der Gesichtswahrnehmung zielende Thätigkeit des Organs wirft den Reiz zur normwidrigen Contraction auf den kranken Muskel zurück."

2. Fälle, bei welchen die richtige Einstellung der Sehachsen bis zu einer bestimmten (8 Zoll, 1 Fuss, 4 Fuss) Entfernung stattfindet, während jenseits dieser Entfernung auffallende Ablenkung eintritt. Diese haben meistens eine Beziehung zu Kurzsichtigkeit.

3. Fälle, von welchen er sagt: „Die pathologische Convergenz tritt nur bei Accommodation für die Nähe ein." Das Symptom tritt ebenso sehr bei dem Bedecken des schielenden Auges ein und muss folglich, sagt v. Graefe, in dem Accommodationszustand, „wahrscheinlich auf Zunahme der Muskelresistenzen bei wachsendem Brechzustand", beruhen. „Die Zunahme der Muskelspannungen", fährt er fort, „weckt den in dem afficirten Muskel schlummernden Impuls zur normwidrigen Contraction." Er weist ferner auf die sonderbaren Fälle hin, in welchen, sowohl beim Sehen in der Nähe, als auf grossen Abstand, Strabismus convergens besteht, aber bei einem mittleren Abstand binoculäres Sehen wahrgenommen wird. Theilweise erklärt er diess aus Myopie, aber oft befinden sich, sagt er, auch Hyperpresbyopische und Presbyopische in dieser Gruppe; bisweilen schien Myopia in distans zu bestehen u. s. w. Er formulirt seine Betrachtungen zum Schlusse auf folgende Weise: „Für alle Distanzen des Gesichtsobjectes existirt, den natürlichen Spannungstendenzen gemäss, ein geringer Grad von pathologischer Convergenz. Wird ein hoher Brechzustand angenommen, sei es durch Annäherung des Gesichtsobjectes oder durch Vorhalten eines Concavglases, so entsteht die krankhaft gesteigerte Contraction; für mittleren oder niedrigen Accommodationszustand und verhältnissmässig grosse Netzhautbilder wird im Dienste des Einfachsehens den obwaltenden Muskeltendenzen entgegen gearbeitet; für grössere Entfernung bei abnehmender Grösse der Netzhautbilder kann diess nicht mehr geschehen; es entstehen Doppelbilder, welche wiederum durch eine krankhafte Muskelcontraction von einander entfernt werden".

Alfred Graefe*) endlich wirft sich in einem Falle von intermittirendem Schielen, minder richtig auch spastisches genannt, die Frage auf, ob es „die

*) Alfred Graefe, Klinische Analyse der Motilitätsstörungen des Auges. Berlin, 1858. p. 222.

Verhältnisse der Accommodation sind, welche die Abweichung des rechten Auges veranlassen". Und wenn er darauf antwortet: „Gewiss nicht, denn es ist zu Eingang dieses Kapitels ausdrücklich geschildert worden, dass die Ablenkung immer eintritt, sobald ein Gegenstand fixirt wurde, und dass dieselbe von dem gerade herrschenden Zustande der Accommodation mithin völlig unabhängig ist"; so geht daraus überzeugend hervor, dass er nicht an Hypermetropie gedacht hat, die auch bereits eine Anspannung der Accommodation auf Abstand erforderte. — Man sieht aus dem Allem, dass es in der Literatur nicht an Winken mangelte, um nach der Entdekkung der leichteren Grade der Hypermetropie den Strabismus damit in Zusammenhang zu bringen.

Ich selbst habe von der Hypermetropie als Ursache des Strabismus convergens nur im Vorbeigehen gesprochen*), habe aber seit langer Zeit, bei verschiedenen Gelegenheiten, die erhaltenen Resultate veröffentlicht. Ich hatte den Gegenstand nicht aus den Augen verloren, wünschte ihn aber etwas vollständiger aufzunehmen und von einem allgemeinen Gesichtspunkte zu untersuchen, mit welchen Anomalien des Auges die verschiedenen Formen des Strabismus in Verbindung stünden. Es schien mir, dass eine derartige Untersuchung dazu beitragen könnte, die Pathogenie des Schielens aufzuhellen. Die Untersuchung erforderte die statistische Methode. Es wurde daher bei einer grossen Anzahl von Schielenden für beide Augen Alles bestimmt, was möglicherweise Ursache oder Folge dieser Anomalie sein konnte, oder was in irgend einer Weise den Ursprung derselben zu erklären im Stande wäre: Geschlecht, Alter und gewöhnliche Beschäftigung wurden aufgezeichnet; bei jedem Auge insbesondere wurden bestimmt: der Refractionszustand, die Accommodationsbreite, die Sehschärfe, der Umfang der Beweglichkeit, die letztere in Verbindung mit dem veränderlichen oder unveränderlichen Schielwinkel; diesen Punkten wurden noch hinzugefügt die Zeit und Art der Entstehung, etwaige Erblichkeitsverhältnisse und endlich Complicationen verschiedener Art und besondere Sehstörungen (Einschränkung des Sehfeldes, Doppeltsehen etc.). Bei diesen Untersuchungen haben mich mehrere meiner Schüler, und insbesondere Dr. Haffmans, geschickt und eifrig unterstützt. Die Protokolle in Betreff dieses Gegenstandes umfassen 280 Fälle. Zwar wurden in manchen Fällen nicht alle eben aufgeführten Bestimmungen gemacht, und in andern lässt die Genauigkeit derselben Manches zu wünschen übrig. Diess wird aber demjenigen leicht begreiflich erscheinen, welcher aus Erfahrung weiss, wie viel Zeit und Mühe es, besonders bei Kindern und nicht intelligenten Personen, kostet, beide Augen in Betreff ihrer Function genau zu untersuchen. Trotzdem findet manche Frage in Bezug auf Strabismus in den gesammelten Fällen ihre Antwort. Ich habe mich hier hauptsächlich auf die Pathogenie, und zwar besonders des Strabismus convergens beschränken müssen, werde jedoch im nächsten Kapitel bei Besprechung der Myopie auf den Strabismus divergens zurückkommen.

Die Thatsache, dass Hypermetropie häufig mit Strabismus convergens vorkomme, wurde nach meiner vorläufigen Mittheilung von verschiedenen Seiten bestätigt. Besondere Mittheilungen wurden über diesen Gegenstand von Pagenstecher und Saemisch (Klinische Beobachtungen aus der Augenheilanstalt zu Wiesbaden, 1. Heft, 1861, und 2. Heft, 1862) und von Mooren (Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, herausgegeben von Dr. W. Zehender, Jahrg. 1863, pp. 37 et seq.) gemacht; dieselben beschränkten sich jedoch auf die Bestimmung der manifesten Hypermetropie und fanden in Folge dessen das Verhältniss der Hypermetropie zum Strabismus convergens geringer, als ich.

*) Ametropie, 1860. p. 45, und Arch. f. Ophth. VI, Abth. I, p. 92.

§ 25. Aphakie.

Das Fehlen der Linse im dioptrischen Systeme des Auges ist ein in vielfacher Hinsicht wichtiger Zustand. Es muss daher befremden, dass die Autoren demselben bisher keinen eigenen Namen gegeben haben. Ich habe vorgeschlagen diesen Zustand durch den Ausdruck Aphakie zu bezeichnen, und dieses Wort hat Anklang gefunden.

Aphakie kann durch verschiedene Ursachen bedingt sein. Am häufigsten kommt sie als Folge von Staaroperationen oder einer Verwundung vor, welche zu einer allmäligen Resorption der Linse Veranlassung gegeben hat. Ist die Linse durch Luxation oder durch Depressio cataractae aus dem Bereiche der Pupille entfernt worden, so gehört sie, wenn auch noch im Auge vorhanden, nicht mehr zu seinem dioptrischen Systeme, und wir sind vollkommen berechtigt, wo von Refractionsanomalien die Rede ist, auch in einem solchen Falle den Zustand des Auges mit dem Namen Aphakie zu belegen. Luxation der Linse ist in der Regel die Folge einer Verwundung; doch hat Bowman[1]) sehr merkwürdige Fälle von spontaner Luxation mitgetheilt, und bei v. Graefe finde ich erwähnt, dass er angeborne Aphakie bei vielen Mitgliedern derselben Familie beobachtet hat. Mir sind solche Fälle nicht vorgekommen. Auf Fälle von theilweiser Luxation, bei welchen der Linsenaequator in die Pupillenebene gebracht wird, trifft man dagegen sehr häufig, und dieselben sind bei verschiedenen Kindern derselben Eltern nicht selten. Dieser Zustand kann jedoch nicht als Aphakie betrachtet werden, er gehört eher ins Gebiet des unregelmässigen Astigmatismus.

Im Zustande der Aphakie ist das Auge, welches im normalen Zustande so complicirt ist, das einfachste dioptrische System, welches wir uns denken können. Wegen der unbedeutenden Dicke der Cornea und der nahezu gleichen Krümmung ihrer Oberflächen können wir ruhig den geringen Unterschied im Brechungscoëfficienten zwischen Hornhaut und Humor aqueus vernachlässigen und in Folge dessen annehmen, der Humor aqueus erstrecke sich bis an die Vorderfläche der Hornhaut. Da überdiess die Brechungscoëfficienten des Humor aqueus und des Humor vitreus gleich sind, so haben wir im aphakischen Auge blos eine brechende Fläche, nämlich die Vorderfläche der Hornhaut, in Rechnung zu ziehen. Hieraus folgt, dass wir, um die Cardinalpunkte zu finden, blos den Radius der Cornea und den Brechungscoëfficienten des Humor aqueus zu kennen brauchen. Den Brechungscoëfficienten nehmen wir nach Helmholtz mit 1·3365 an, der Krümmungshalbmesser am Scheitel der Cornea[2]) kann nach unseren eigenen Messungen im Mittel mit $7{\cdot}7^{mm}$ in Rechnung gebracht werden. Wir erhalten daher das beigefügte System (Fig. 123. Vergl. pp. 35 und 39).

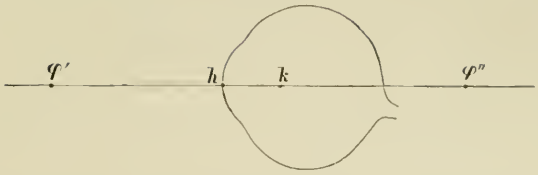
$$F' = h\varphi' \; [= 7{\cdot}7 : (1{\cdot}3365 - 1)] = 22{\cdot}88.$$
$$F'' = h\varphi'' \; [= 7{\cdot}7 \times 1{\cdot}3365 : (1{\cdot}3365 - 1)] = 30{\cdot}58.$$
$$hk' = F'' - F' = 7{\cdot}7.$$

---

[1]) Lectures on the parts concerned in the operations on the eye. London, 1849, pp. 131 et seq.

[2]) Die Hornhaut ist nicht sphärisch, sondern etwas ellipsoidisch, und zwar von solcher Excentricität, dass die sphärische Aberration theilweise aufgehoben wird. In der Rechnung muss der Scheitel der Hornhaut die Grundlage bilden.

Fig. 123.



Daraus erhellt, dass die Sehachse bei normaler Krümmung der Hornhaut eine Länge von $h\varphi'' = 30{\cdot}58^{mm}$ haben muss, um bei Abwesenheit der Linse parallele Strahlen auf der Netzhaut in einem Brennpunkte zu vereinigen. Da aber die Sehachse fast ausnahmslos viel kürzer ist, so ist das aphakische Auge im Allgemeinen in hohem Grade hypermetropisch. Um den Grad der Hypermetropie bei gegebener Sehachse zu finden, brauchen wir nur zu berechnen, nach welchem Punkte hinter der Hornhaut die einfallenden Strahlen vor der Brechung convergiren müssen, um nach der Brechung durch die Hornhaut in der Netzhaut zur Vereinigung zu kommen. Diess geschieht vermittelst der Formel (siehe p. 39)

$$f' = \frac{F'' f'}{f'' - F''},$$

wo f'' die Länge der Sehachse und f' den gesuchten Punkt hinter der Hornhaut bedeutet. Wir finden

$f'' =$ mm	$f' =$ mm	$f' =$ Par. Zoll	H
30·58	∞	∞	$\frac{1}{\infty}$
29	420	15·5	$\frac{1}{15{\cdot}5}$
28	248·3	9·2	$\frac{1}{9{\cdot}2}$
27	172·5	6·3	$\frac{1}{6{\cdot}3}$
26	129·8	4·75	$\frac{1}{4{\cdot}75}$
25	102·5	3·75	$\frac{1}{3{\cdot}75}$
24	83·4	3·1	$\frac{1}{3{\cdot}1}$
23	69·4	2·6	$\frac{1}{2{\cdot}6}$
22	58·6	2·2	$\frac{1}{2{\cdot}2}$

Hieraus folgt unmittelbar, welche Gläser ein aphakisches Auge bei verschiedener Länge der Sehachse braucht, um in die Ferne deutlich zu sehen. Wir brauchen in der That nur den Abstand x zwischen Glas und Auge zu dem gefundenen f'' (vergl. p. 122) hinzuzufügen, um die Brennweite des erforderlichen Glases zu finden. Nehmen wir $x = 0{\cdot}5''$, so brauchen wir bei $f'' = 29^{mm}$ Gläser von $^1/_{16}$ ($15{\cdot}5 + 0{\cdot}5 = 16$), bei $f'' = 24^{mm}$ solche von $\frac{1}{3{\cdot}6}$ ($3{\cdot}1 + 0{\cdot}5 = 3.6$) etc.

Andererseits können wir auch die Länge der Sehachse berechnen, wenn die Brennweite des erforderlichen Glases bekannt ist. Nimmt man $x = 0{\cdot}5''$, so werden Gläser von

1 : 2·5	entsprechen	einer	Sehachsenlänge	$f'' = 21{\cdot}5$
1 : 3	„	„	„	$f'' = 22{\cdot}9$
1 : 3·5	„	„	„	$f'' = 23{\cdot}9$
1 : 4	„	„	„	$f'' = 24{\cdot}6$
1 : 5	„	„	„	$f'' = 25{\cdot}7$
1 : 6	„	„	„	$f'' = 26{\cdot}5$
1 : 10	„	„	„	$f'' = 28{\cdot}1$
1 : ∞	„	„	„	$f'' = 30{\cdot}58$.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass in der Mehrzahl der Fälle Gläser von 1 : 3 bis 1 : 3·5, 6''' vor dem Auge, erforderlich sind. Diess entspricht einer Sehachsenlänge von 22·9 bis 23·9, welche Länge ungefähr mit der eines emmetropischen Auges übereinstimmt. War das Auge vor der Entwicklung des Staares myopisch, so genügen nach der Operation schwächere Gläser. Mir kam sogar ein Fall vor, in welchem die Sehschärfe für entfernte Objecte keine Verbesserung, weder durch positive, noch durch negative Gläser zeigte. In diesem Falle wird die Sehachse des Auges, welches jetzt bei Aphakie emmetropisch war, in Wirklichkeit eine Länge von mehr als 30^{mm} gehabt haben, und wir können annehmen, dass, so lange die Linse sich im Auge befand, eine Myopie von ungefähr $^1/_3$ bestand. In einem zweiten Falle, bei einer 36-jährigen Frau, genügten Gläser von 1 : 133, bei einem 73-jährigen Manne solche von $^1/_5$. In diesem Falle musste vor Hinzutritt der Cataracta eine Myopie von mehr als $^1/_5$ bestanden haben, und diese hat nachher einer $H = \frac{1}{7{\cdot}5}$ Platz gemacht. Der Kranke erklärt gegenwärtig, dass er in die Ferne ohne Brillen besser sehe, als er diess in seiner Jugend, bevor er an Staar erkrankte, im Stande war, und da die Pupille jetzt enger ist, als sie früher war, so darf diese Angabe nicht überraschen. In den beiden andern Fällen musste der Unterschied noch grösser sein. Die 36-jährige Frau hatte nur ein Auge (das andre war atrophisch); und auf dem von mir operirten war eine periphere Hornhautnarbe mit vorderer Synechie nach einem Hornhautdurchbruch in der Jugend zurückgeblieben. Trotzdem erklärt sie gegenwärtig mit dem einen Auge für gewöhnliche Zwecke besser sehen zu können, als sie diess je zuvor mit beiden Augen vermochte; für Arbeiten in der Nähe braucht sie jedoch jetzt Brillen von $^1/_5$, während sie früher solche Arbeiten ohne Glas verrichten konnte. — Es kommt sehr häufig vor, dass bei Aphakie für die Ferne Gläser von $^1/_6$ oder $^1/_5$ genügen, was bei normaler Form der Hornhaut den Beweis liefert, dass die Sehachse ungewöhnlich lang ist. In allen diesen Fällen hat früher Myopie

bestanden, und es wird durch dieselben der Zusammenhang zwischen Myopie und Sehachsenlänge bei Aphakie vollkommen bewiesen (vergl. p. 76). Besonders in Fällen von angeborner Katarakt war ich in der Lage mich davon zu überzeugen. Ich habe gefunden, dass dieser Zustand gewöhnlich mit myopischem Bau des Auges verbunden ist. Wir wissen, dass in solchen Fällen nicht die ganze Linse getrübt ist, oder richtiger, dass gewöhnlich nur einzelne Lamellen getrübt sind, während der Kern und besonders die peripheren Schichten durchsichtig bleiben. Ist nun die Durchsichtigkeit dieser letztern vollkommen, so wird das Sehen bei künstlicher Mydriasis oft ziemlich gut, und nur selten sind positive Gläser zum Lesen etc. erforderlich, obgleich das Accommodationsvermögen dabei ganz aufgehoben ist. Der Grad der Myopie ist auch jetzt noch leicht zu bestimmen. Wir finden dann mit Berücksichtigung dieser Myopie, dass in diesen Fällen, nach etwa nothwendig gewordener Entfernung der Linse, gewöhnlich Gläser von $^1/_4$ — $^1/_6$ für das Sehen in die Ferne genügen. Manchmal hatte ich die günstige Gelegenheit in demselben Auge den Grad der Myopie vor, und den Grad der Hypermetropie nach der Operation zu bestimmen. Ich fand in den drei Fällen, welche am genauesten untersucht wurden, folgendes:

Ametropie		Krümmungshalbmesser der Hornhaut	Berechnete Länge der Sehachse
vor der Operation	nach der Operation		
M = 1 : 6	H = 1 : 5·12	7·6	25·96
M = 1 : 8·5	H = 1 : 4·5	7·92	26·36
M = 1 : 24	H = 1 : 3·2	8·04	25·02

Zufälligerweise ist der Krümmungshalbmesser der Hornhaut im ersten Falle etwas kürzer, in den zwei letzten Fällen etwas länger, als gewöhnlich. Daher erscheint auch die Sehachsenlänge, im Vergleiche zum Grade der Myopie, in den letzten zwei Fällen ganz besonders gross: sie ist bei $M = 1 : 8{\cdot}5$ sogar etwas grösser, als bei 1 : 6. Es würde daher unrichtig sein, die Länge der Sehachse bei $M = {}^1/_{21}$ für gewöhnlich mit 25^{mm} anzunehmen.— Dass sich aus den obigen Beobachtungen die Brennweite der ursprünglichen Linse für eine gegebene Lage im Auge berechnen lässt, wird der Leser ohne Zweifel schon erkannt haben. Ich hoffe diess später für eine grössere Anzahl von Fällen zu thun.

Auch angeborne Hypermetropie bei eintretender Aphakie macht ihren Einfluss geltend. Selbst in einem Falle von angeborner Katarakt wurde nach der Operation Hypermetropie im rechten Auge $= 1 : 2{\cdot}44$, im linken $= 1 : 2{\cdot}43$ gefunden. Diese Augen waren augenscheinlich sehr klein (dem Mikrophthalmus sich nähernd), ohne besonders hervortretende Krümmung der Hornhaut, und der hypermetropische Bau derselben konnte nicht verkannt werden. Doch ist es im Allgemeinen selten, bei Aphakie $H > 1 : 2{\cdot}5$ anzutreffen. Wo ich $H = 1 : 2{\cdot}4$ oder $1 : 2{\cdot}3$ fand, konnte ich mich während des Lebens bei starker Einwärtswendung des Auges sehr wohl überzeugen, dass die Sehachse kürzer, als im Normalen sei; und die Berechnung nach Messung des Krümmungshalbmessers der Hornhaut gab dasselbe Resultat.

Das Vorhandensein von Aphakie ist auf den ersten Blick nicht immer ganz leicht zu erkennen. Oft ist freilich die vordere Kammer sehr tief, und wir finden einen gewissen Grad von Iridodonesis; aber keine dieser Erscheinungen ist charakteristisch. Entscheidend ist das Aufsuchen der Purkinje'schen Bilder (vergl. p. 11); es fehlen nämlich beide Spiegelbilder der Linse. Ueberdiess sind die Sectoren und die Fasern der Linse durch seitliche Beleuchtung und insbesondere bei Zuhülfenahme einer Lupe sehr leicht wahrzunehmen, und wir können, wo dieselben fehlen, auf Vorhandensein von Aphakie schliessen. Endlich kann der Grad der Hypermetropie, sei er durch Versuche mit Convexgläsern oder durch den Augenspiegel bestimmt, in Verbindung mit der Gestalt des Auges jeden Irrthum ausschliessen. Wenn nach einem Schlage oder Stosse aufs Auge das Sehvermögen plötzlich vermindert ist, ohne dass augenfällige Verletzungen des Auges sichtbar würden, müssen wir vor Allem an die Möglichkeit denken, dass die Linse in Folge von Luxation aus dem Bereiche der Pupillarebene getreten sei, und müssen wir uns auf die oben beschriebene Art darüber Sicherheit zu verschaffen suchen.

Die Sehschärfe ist bei Aphakie gewöhnlich unvollkommen, und der Grund hievon ist fast immer in den Trübungen im Bereiche der Pupille zu suchen. Selbst nach den gelungensten Staaroperationen, wo die Pupille vollkommen schwarz erscheint, können wir durch Untersuchung mit dem Augenspiegel, besonders aber durch seitliche Beleuchtung in der Regel einige Trübungen auffinden, welche hauptsächlich von epithelialen Wucherungen an der Innenfläche der Linsenkapsel herrühren. In Folge dessen wird ein Theil des Lichtes zerstreut, und diess beeinträchtigt die Schärfe der Netzhautbilder. So gering auch die Trübungen sein mögen, so sind sie doch von grossem Einflusse, wie daraus erhellt, dass, wenn auch nur ein kleiner Theil der Pupillarebene vollkommen rein ist, das Sehen sogleich verhältnissmässig sehr gut wird. Die reinsten Pupillen erhielt ich in einigen Fällen von Discission der Katarakt, in welchen sogar, wegen der durch Convexgläser hervorgebrachten grossen Netzhautbilder, $S > 1$ war. Im Allgemeinen können wir uns mit $S = {}^2/_3$, oder auch blos $= {}^1/_2$ begnügen, die für die gewöhnlichen Zwecke ausreicht. Eine Veränderung in der Krümmung der Hornhaut, welche manchmal nach einer Extraction einen ziemlich regelmässigen Astigmatismus hervorruft, ist nicht selten ebenfalls die Ursache von verminderter Sehschärfe. Diess kann, wie später gezeigt werden wird, zum guten Theil durch eine gewisse Neigung der Gläser corrigirt werden.

Dass das Sehvermögen bei Aphakie in Folge des hohen Grades von Hypermetropie ohne Convexgläser viel zu wünschen übrig lässt, bedarf keines Beweises. Das Sehen wird um so unvollkommener, je weiter die Pupille ist, da bei gleichen Graden von Hypermetropie die Grösse der Zerstreuungskreise der Weite der Pupille proportional ist. Jedoch hat eine weite Pupille auch beim Gebrauche von Gläsern beträchtliche Nachtheile. Das Accommodationsvermögen ist, wie ich ausführlich nachweisen werde, bei Aphakie wirklich vollkommen aufgehoben, und es gibt ein Glas daher nur für eine ganz bestimmte Entfernung ein scharfes Bild; und alle Punkte, welche näher oder weiter vom Auge liegen, werden in Zerstreuungskreisen gesehen, die um so grösser sind, je weiter die Pupille ist. Bei enger Pupille kann uns die Kleinheit der Zerstreuungskreise, selbst von Gegenständen, für welche das Auge nicht

accommodirt ist, wie es wirklich oft geschehen ist, zu der Annahme verleiten, dass das Accommodationsvermögen nicht aufgehoben sei. Wegen der grossen Vortheile einer engen Pupille für das Sehen bei Aphakie können wir die Ausführung einer Iridectomie, insbesondere nach unten, bei Kataraktoperationen nicht als gleichgültig betrachten, obgleich wir wissen, dass Mooren, Pagenstecher, Jacobson und Andere, jeder in seiner Art, sich zu Gunsten derselben ausgesprochen haben. Dass die Iridectomie, nicht nur wenn eine weiche Linse durch wiederholte Discission zur Resorption gebracht werden soll, sondern auch bei der Lappenextraction, die Gefahren der Operation sehr vermindert, steht vollkommen fest. Ich habe diess schon seit Jahren beobachtet und habe daher, wenn Neigung zu Prolapsus vorhanden, oder ein Theil der Iris stark gequetscht war, die Ausführung der Iridectomie anempfohlen*). Ich schicke überdiess, nach dem Beispiel von v. Graefe, jeder Discission die Iridectomie voraus. Doch führe ich diese Iridectomie nach oben aus, wodurch die ausgeschnittene Stelle fast vollständig durch das obere Augenlid gedeckt wird, und die Zerstreuungskreise nicht vergrössert. Ganz anders verhält es sich, wenn die künstliche Pupille nach unten angelegt wird. Daher kann ich, auch wenn die Gefahr ein Auge zu verlieren geringer würde, die Methode von Jacobson, welcher die Extraction jedesmal mit dem Lappenschnitte nach unten und gleichzeitiger Ausscheidung eines grossen Theiles der Iris vollführt, nicht bedingungslos adoptiren. Wenn diese Methode mit dem Lappenschnitte nach oben ein eben so befriedigendes Resultat geben würde, würde ich sie viel eher anwenden.

In Betreff des Sehens bei Aphakie habe ich noch zu bemerken, dass die von der Linse abhängige Polyopie, das Erscheinen eines Strahlenkranzes um einen Lichtpunkt, und die Lichtstreifen bei entoptischen Untersuchungen fehlen (vergl. p. 169). Dagegen lässt regelmässiger Astigmatismus der Hornhaut diese Erscheinungen, wie im achten Kapitel ausführlich nachgewiesen werden wird, deutlich hervortreten.

Um bei Aphakie die entsprechendsten Gläser anzuordnen, beginnen wir mit der Bestimmung der Gläser für die Ferne; das beste Object zu diesem Zwecke ist ein leuchtender Punkt. Aus dem erhaltenen Resultate können wir dann leicht die für die Nähe erforderliche Brennweite berechnen.

Um, zum Beispiele, einen Punkt, welcher in der Entfernung y vor der Linse liegt, deutlich zu sehen, müssen die von ihm ausgehenden Strahlen, nachdem sie die Linse mit der Brennweite F^2 passirt haben, nach demselben Punkte convergiren, wie Strahlen, welche von ∞ ausgehen, nachdem sie durch die Linse mit der Brennweite F^1 gebrochen worden. Folglich

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{F^2} - \frac{1}{F^1}.$$

Mit y ist die Entfernung des deutlichen Sehens von der Glaslinse gefunden. Es sei nun x die Entfernung zwischen Linse und Vorderfläche der Hornhaut, so ist beim Gebrauche der Linse mit der Brennweite F^2 die Entfernung des deutlichen Sehens von der Hornhaut $f = y + x$.

Einige Beispiele werden diess erläutern.

---

*) Siehe Ametropie en hare gevolgen. Utrecht, 1859. p. 85.

Ein Auge braucht, um in grosser Entfernung genau zu sehen, ein Glas von 1 : 3·5, $^1/_2$″ vom Auge; wie weit vom Auge wird der Punkt des deutlichen Sehens liegen, wenn die Linse durch eine andre von $^1/_3$ ersetzt wird?

Die Berechnung ist folgende

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{3} - \frac{1}{3^1/_2}$$
$$y = \frac{3 \times 3^1/_2}{3^1/_2 - 3.}$$
$$y = 21.$$
$$f^1 = 21^1/_2''.$$

Und hat die zweite Linse blos $2^1/_2$″ Brennweite, so ist

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{2^1/_2} - \frac{1}{3^1/_2}$$
$$y = \frac{2^1/_2 \times 3^1/_2}{3^1/_2 - 2^1/_2}$$
$$y = 8^3/_4.$$
$$f' = 9^1/_4''.$$

Mit einer Linse von 3″ Brennweite wird daher das Sehen in $21^1/_2$″, mit einer Linse von $2^1/_2$″ in $9^1/_4$″ Entfernung scharf sein. Mit einer Linse von 2″ liegt diese Entfernung in nur $5^1/_6$″.

Wollen wir die Brennweite F^2 kennen, welche nöthig ist, um in einer gegebenen Entfernung y scharf zu sehen, so wird sie nach der Formel

$$\frac{1}{F^2} = \frac{1}{F^1} + \frac{1}{y}$$

gefunden.

Es fragt sich aber, ob wir eine Linse von der berechneten Brennweite zu unserer Verfügung haben. Sind Schwierigkeiten mit Herbeischaffung einer solchen Linse verbunden, so kann der Zweck, wie später klar werden wird, auch durch Abänderung des Abstandes der Linse vom Auge erreicht werden.

In Betreff der Wahl von Gläsern bei Aphakie dürfen wir nicht vergessen, dass besonders bei alten Individuen, so gut auch die Operation gelungen sein mag, dennoch das Sehvermögen selten vollkommen scharf ist, und dass in Folge dessen diese Kranken, um kleinern Druck zu lesen, die Grenze des deutlichen Sehens näher ans Auge bringen müssen. Nicht selten beträgt diese Entfernung nicht mehr, als 6″. Bei jungen Leuten, im Vollbesitze ihres Sehvermögens, kann sie aber beträchtlich grösser sein, besonders da bei Aphakie die Netzhautbilder um ein bedeutendes an Grösse jene übertreffen, welche das der Linse nicht beraubte Auge erzeugt. Das dioptrische System ist nämlich geändert. Die Linse befindet sich jetzt anstatt im Auge vor demselben, und der vereinigte Knotenpunkt ist in Folge dessen nach vorne gerückt. Wird die Linse noch weiter vom Auge entfernt, so kann der Knotenpunkt selbst vor die Hornhaut zu liegen kommen. Daraus geht hervor, dass die Netzhautbilder grösser sein, und dass sie mit der Entfernung des Glases vom Auge an Grösse noch zunehmen müssen.

Die Grössenzunahme, welche beim Gebrauche eines schwachen Glases in grosser Entfernung sehr beträchtlich ist, wird durch Vergleich der Netzhautbildgrösse β_1 des ursprünglichen Auges mit β_2, dem Netzhautbilde des aphaki-

schen Auges mit der Convexlinse, gefunden. Die beigefügte Tafel gibt einen Ueberblick über die Grössenzunahme, wie sie durch Rechnung gefunden wird.*)

Brennweite der verwendeten Linse	Entfernung der Linse von der Hornhaut	$\beta_1 : 1 = \beta_2 :$
3	0·5	1·322
4	1·5	1·763
5	2·5	2·203
6	3·5	2·644
8	5·5	3·525
10	7·5	4·406
16	13·5	7·050

Wir ersehen hieraus, dass, wenn bei Aphakie mit $H = {}^1/_3$ eine Linse von ${}^1/_{16}$ auf 13·5″ Entfernung von dem Auge gehalten wird, der Kranke die Objecte mehr denn siebenmal grösser sieht, als er sie mit dem ursprünglichen, mit der Krystalllinse versehenen Auge gesehen. Das Sehen ist ungefähr ebenso, wie wenn emmetropische Augen sich Gläser von $-\frac{1}{2{\cdot}5}$ vorsetzen und mit denselben durch Gläser von $+ {}^1/_{16}$ in 13·5″ Entfernung sehen. Die Combination ist daher gleich der des holländischen oder Galileischen Fernrohres. Bei Aphakie haben wir ein solches Fernrohr in einer einfachen Linse mit der Brennweite von 10″ bis 20″, wobei das hypermetropische Auge die Stelle des Oculars vertritt. Andere stark hypermetropische Augen ohne Aphakie können in gleicher Weise von einer solchen Linse Gebrauch machen.

---

*) Wir müssen uns daran erinnern, dass für entfernte Objecte

$$\beta_1 : \beta_2 = G_1'' : G_2'' = F_1' : F_2',$$

wo β_1, G_1'' und F_1' sich auf das emmetropische Auge, β_2, G_2'' und F_2' auf das aphakische, mit einer Convexlinse bewaffnete Auge beziehen.

Um die Grössenzunahme beim Gebrauche verschiedener Convexlinsen zu berechnen, nahmen wir

$$F_1' = 0{\cdot}5734$$

für ein Auge an, dessen Hornhautradius 7·7mm und dessen Sehachse 22·9mm lang ist, und erhielten so bei Aphakie $H = \frac{1}{2{\cdot}5}$. Nun fanden wir durch die Anwendung von verschiedenen Gläsern

$$F_2' = \frac{F' F}{F' + F - x}$$

(vergl. Helmholtz, Dioptrik, p. 58), wobei F die Brennweite der Linse, F' die vordere Brennweite des aphakischen Auges und x der Abstand zwischen Convexlinse und Hornhaut ist. In diesem Falle muss x immer $= F' - 2{\cdot}5''$ sein. — Wir ersehen aus der obigen Tafel, dass β proportional F ist, was sich auch unmittelbar aus der Formel ableiten lässt; der Zähler wächst proportional mit F. Hingegen ist $F - x$ (in unserem Falle $= 2{\cdot}5''$), und damit der ganze Nenner, eine unveränderliche Grösse. Wenn folglich F_2' proportional zu F wächst, so gilt diess in gleicher Weise für β_2, dessen Werth F_2' proportional ist.

Das Accommodationsvermögen bei Aphakie wurde bei der oben gegebenen Betrachtung und Berechnung ganz ausser Acht gelassen. Die Frage, ob wir ein Recht dazu hatten, ist aber sehr wichtig. Wenn nämlich bei Aphakie wirklich keine Spur von Accommodation übrig geblieben ist, so scheint der Schluss, dass dieses Vermögen ausschliesslich auf einer Formveränderung der Linse beruht, vollkommen gerechtfertigt. Diese Frage wurde bisher nicht genau untersucht. Thomas Young[1]) hat zwar in einigen Fällen von Aphakie das Auge in Bezug auf sein Accommodationsvermögen geprüft. Die ihm zu Gebote stehenden Augen waren aber nicht besonders dazu geeignet, so dass er das Resultat als nur ziemlich hinreichend (tolerably satisfactory) bezeichnet, um daraus auf die Abwesenheit des Accommodationsvermögens zu schliessen. Von Graefe[2]) fand dagegen, dass noch ein gewisser Grad von Accommodationsvermögen übrig geblieben war. Er bemerkt aber, dass bei denjenigen, welche die schärfsten und bei wiederholter Untersuchung die gleichmässigsten Angaben machten, der geringste Spielraum vorhanden war. Was man übrigens hier und da über das Vorkommen von bedeutender Accommodationsbreite bei Aphakie angegeben findet, beweist nur, dass die Autoren entweder keine richtige Vorstellung über den Grad des deutlichen Sehens auch bei unvollkommener Accommodation hatten, oder mit dem Worte Accommodation einen andern, als den allgemein angenommenen Begriff verbanden[3]).

Meine Untersuchungen haben mir die Ueberzeugung verschafft, dass bei Aphakie nicht die geringste Spur von Accommodationsvermögen übrig bleibt. Bei alten Leuten mit unvollkommener Gesichtsschärfe glaubt man mitunter noch eine gewisse Accommodationsbreite constatiren zu können; bei jugendlichen Individuen aber mit vollkommen reiner Pupille und grosser Gesichtsschärfe, bei denen man am meisten berechtigt wäre, noch einiges Accommodationsvermögen zu erwarten, erkennt man gerade in überzeugender Weise, dass es durchaus aufgehoben ist. Bei der Anwendung des Stäbchenoptometers kann zwar auch bei diesen mitunter noch $\frac{1}{A} = {}^1/_{88}$ bis ${}^1/_{300}$ gefunden werden; man findet aber, dass der Abstand, in welchem die Linien scharf gesehen werden, mit der Richtung derselben wechselt, und die Accommodationsbreite bei jeder Richtung verschieden angegeben wird. Diess gibt bereits der Vermuthung Raum, dass der gefundene Spielraum nicht einer wahren Accommodationsbreite entspricht, sondern dass nur die sogenannte Accommodationslinie (Astigmatismus), hier allein von der Form und Asymmetrie der Hornhautkrümmung abhängig, dabei im Spiele ist. In einem Falle von vollkommener, ja ausserordentlicher Gesichtsschärfe, welchen ich an einem jugendlichen Individuum, das sich selbst für die Untersuchung interessirte, beobachtete, wurde die Abwesenheit der Accommodation über allen Zweifel erhoben. Es hatte an Cataracta congenita gelitten und war mit dem günstigsten Erfolge an beiden Augen von mir operirt worden. Mit Gläsern von ${}^1/_3$, 5‴ vor dem Auge, sah es einen Lichtpunkt in grosser Ferne beinahe

---

[1]) Loc. cit. pp. 46 et seq.

[2]) Archiv f. Ophthalm., B. II. Abth. 1. p. 188.

[3]) Siehe z. B. Jaeger. Die dioptrischen Einstellungen des Auges. Wien. 1861. p. 106.

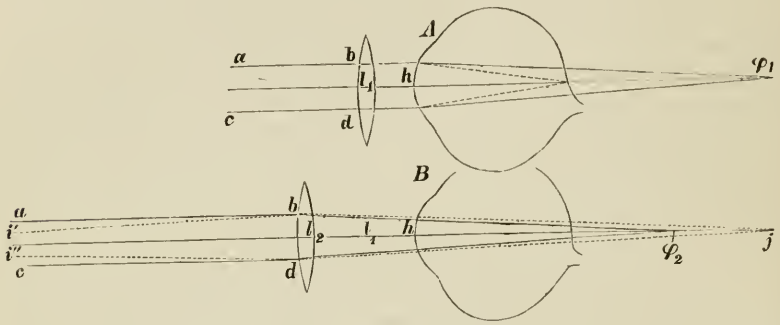
rund und vollkommen scharf. Zwischen eines der beiden Augen und dem Lichtpunkt wurde ein Visier aufgestellt, und wenn es nun mit convergirenden Gesichtslinien nach dem Visiere hin sah, so blieb der Lichtpunkt unverändert oder wurde höchstens etwas kleiner und schärfer. Wenn dagegen die Linse nur $^1/_4$''' mehr oder weniger von dem Auge entfernt wurde, so hörte der Lichtpunkt in der Entfernung auf scharf zu sein und wurde nach entgegengesetzten Richtungen verlängert; bei Convergenz in dem Punkte des Visieres wurde die Lichtlinie nur etwas kürzer und schmäler, ohne dass aber ein Punkt zum Vorscheine kam. Diese Verkürzung, sowie die Verkleinerung des scharf gesehenen Punktes, war offenbar von Verengerung der Pupille abhängig, welche auch direct constatirt wurde. — Der Versuch wurde an jedem der beiden Augen mit demselben Resultate wiederholt. Hinter dem schwarzen Plättchen, das dabei vor das eine Auge geschoben wurde, konnte man die Drehung dieses Auges beim Sehen nach dem Visier und dem entfernten Lichtpunkte beobachten. Die Anstrengung war also nachgewiesen. Die Beweiskraft dieses Versuches lässt daher nichts zu wünschen übrig. Es war durchaus keine Accommodation vorhanden. Inzwischen wurde auch hier ein kleiner Spielraum bei der Untersuchung mit v. Graefe's Optometer beobachtet, woraus hervorgeht, dass man daraus nicht auf das Vorhandensein von Accommodationsvermögen schliessen darf.

In einem zweiten ähnlichen Falle wurde bei einem jungen intelligenten Manne die totale Abwesenheit des Accommodationsvermögens auf gleiche Weise nachgewiesen. Hier wurde noch überdiess constatirt, dass, wenn ein Lichtpunkt in der Ferne durch eine bestimmte Linse scharf gesehen wurde, das Hinzufügen einer Linse von $^1/_{180}$ oder — $^1/_{180}$ (durch Combination von $^1/_{30}$ mit — $^1/_{36}$ oder von $^1/_{36}$ mit — $^1/_{30}$) schon eine sehr merkbare Veränderung des Lichtbildes verursachte. Er gab constant an, dass durch $^1/_{180}$ das Lichtbild in der verticalen, durch — $^1/_{180}$ in der horizontalen Richtung zu einer kurzen Linie ausgedehnt wurde. Dagegen hatte die Convergenz der Gesichtslinie bei dem Versuche in der Nähe zu sehen, nicht die geringste Formveränderung des Lichtbildes zur Folge, so dass hierbei nicht an Accommodationsvermögen gedacht werden konnte. Ich muss noch hinzufügen, dass, wenn die volle Aufmerksamkeit auf das Visier gerichtet war, das unerwartete Vorschieben von $^1/_{180}$ oder — $^1/_{180}$ augenblicklich an einer auffallenden Veränderung des Lichtbildes bemerkt wurde. — Später habe ich einen ähnlichen Versuch gemacht, bei welchem Gläser von $^1/_{300}$ oder von — $^1/_{300}$, durch Combination von $^1/_{50}$ mit — $^1/_{60}$ oder von $^1/_{60}$ mit — $^1/_{50}$, schon deutliche Formveränderung des Lichtbildes hervorriefen, während bei Convergenzunterschieden und Accommodationsanstrengung durchaus kein Unterschied auftrat. Die Accommodationsbreite beträgt daher bei Aphakie, auch in einem jugendlichen Auge, gewiss weniger als $^1/_{300}$ und ist daher wohl $= 0$ anzunehmen. Es darf uns allerdings Wunder nehmen, dass v. Jaeger, der diese Untersuchungen kannte, doch noch von einer Accommodation bei Aphakie spricht (l. c. p. 111).

Das vollkommene Fehlen des Accommodationsvermögens kann leicht zu dem Glauben verleiten, dass bei Aphakie für jede Entfernung Gläser von verschiedener Brennweite erforderlich sind. Glücklicherweise ist diess nicht der Fall. Es ist ein Accommodationsvermögen übrig geblieben, dessen Mechanismus höchst einfach ist. Schade nur, dass die Hand dabei die active Rolle spielen

muss. Dieses Accommodationsvermögen besteht in der Veränderung der Entfernung zwischen Glas und Auge. Die vor das Auge gestellte Linse hat die in dem Auge vorhanden gewesene Linse ersetzt; sie kann auch ihre Rolle bei der Accommodation übernehmen. Zwar kann sie es nicht in der Weise thun, dass sie, wie die Linse im Auge, ihre Form verändert, sondern sie hält sich an die alte Theorie der Accommodation, nach der das Accommodationsvermögen auf einer Verschiebung (Ortsveränderung) der Linse beruhen sollte. Ich lehre alle Aphakischen auf diese Weise accommodiren. Es sei die Brennweite der zum Sehen in die Ferne erforderlichen Linse $F' = l' \varphi'$, (Fig. 124 *A*) und

Fig. 124.



der Abstand $l_1\ h = x$, dann convergiren die Strahlen $a\ b$ und $c\ d$, welche, bei h an der Hornhaut gebrochen (die punktirten Linien), sich in der Netzhaut vereinigen werden, nach dem Punkte φ_1, der in der Entfernung $F_1 - x$ hinter der Hornhaut liegt. Wird nun dieselbe Linse, $l_1\ l_2 = x^1$, weiter von der Hornhaut (Fig. 124 *B*) entfernt, so rückt φ_1 ebenfalls weiter vor nach φ_2 ($\varphi_2\ j = l_2\ l_1 = x^1$). Nun wissen wir, dass Strahlen, um durch Brechung an der Hornhaut in der Netzhaut vereinigt zu werden, nach j gerichtet sein müssen, welches dem φ_1 in *A* entspricht. Folglich müssen sie von einem, in der Figur nicht gezeichneten, in endlicher Entfernung liegenden Punkte i_1 ausgehen, dessen conjugirter Brennpunkt j ist. Die Entfernung $i\ l_2 = y$ finden wir desshalb durch die Formel

$$\frac{1}{F_1} - \frac{1}{F_1 + x^1} = \frac{1}{y}.$$

Um die Entfernung des deutlichen Sehens von der Hornhaut aus zu kennen, müssen wir zu y den Abstand der Linse vom Auge, $l_2\ h = x + x^1$, hinzu addiren.

Gewöhnlich befindet sich das Glas ungefähr einen halben Zoll von dem Auge entfernt, und die Brille kann mit Leichtigkeit um einen Zoll auf der Nase nach unten geschoben werden. Wenn nun Jemand, um in der Ferne zu sehen, Gläser in solchem Abstand von $1 : 3\,^1/_2$ braucht, so liegt der Punkt des deutlichen Sehens, wenn die Brille um einen halben Zoll verrückt wird, in 29″, wenn sie um einen ganzen Zoll verrückt wird, in $17\,^1/_1$ Entfernung. Sind Gläser von 1 : 3 in derEntfernung von $^1/_2$″ von dem Auge erforderlich, um gut in die Ferne zu sehen, so liegt der Punkt des deutlichen Sehens in 22″ beim Ver-

rücken der Gläser bis auf 1″, in $13\frac{1}{2}$″ beim Verrücken bis auf $1\frac{1}{2}$″ — und Mancher liest dabei schon vortrefflich.

Trotz dieses künstlichen Accommodationsvermögens ist es in der Regel zweckmässig, Aphakischen zwei Brillen zu geben. Jede Brille kann dann einen Theil des Accommodationsgebietes besorgen, und die erforderliche Verschiebung kann sich in sehr engen Grenzen halten. Um aber für kurze Zeit zu lesen und zu schreiben, kann die für das Sehen in die Ferne gewöhnlich getragene Brille je nach dem Bedürfnisse einfach abgeschoben werden.

Sind bei gutem Sehvermögen beide Augen aphakisch, so muss man auf die Entfernung der Achsen der beiden Gläser von einander genau Acht geben. Es wird die grösste Sorgfalt erfordert, damit nicht unter Umständen Doppeltsehen dabei auftrete. Mitunter war ich genöthigt, die Gläser an der äusseren Seite mehr oder weniger abschleifen zu lassen, namentlich wenn die Augen einander besonders nahe waren. Auch ist mir einmal Insufficienz der Mm. recti interni beim Sehen in der Nähe vorgekommen, welche durch Modification der Entfernung der Achsen ganz corrigirt wurde. Die Kenntniss der allgemeinen Gesetze muss dabei in jedem besondern Falle zur Richtschnur dienen.

Endlich ist bei veränderter Hornhautwölbung, wie man sie besonders bei Prolapsus iridis nach Extractionen findet, eine schiefe Stellung des Glases nothwendig, von der ich weitläufiger bei Behandlung des Astigmatismus sprechen werde.

Zum Schluss noch ein Wort über die Untersuchung mit dem Augenspiegel bei Aphakie. Gewöhnlich ist dieser Zustand von einem hohen Grade von *H* begleitet. Wenn die Strahlen, sollen sie sich anders auf der Netzhaut vereinigen, nach einem 3″ hinter der Hornhaut gelegenen Punkte convergiren müssen, so werden auch die divergirend von der Netzhaut ausgehenden Strahlen, nachdem sie an der vorderen Fläche der Hornhaut gebrochen sind, gleichsam von einem 3″ hinter derselben gelegenen Punkte ausgehen. Bei Myopie von beinahe $\frac{1}{3}$ kann mithin der Beobachter die Netzhaut noch im aufrechten Bilde untersuchen. Man sieht weiter ein, dass, wenn man den Augengrund bei Aphakie in einem gewöhnlichen Auge scharf sehen will, ein emmetropisches Auge sich entweder vom Auge entfernen oder kräftig für die Nähe accommodiren oder sich eines Convexglases bedienen muss. Man kann auch das eine mit dem andern vereinigen. Es ist für den Augenarzt wichtig, dass er sich jeder Veränderung seiner Accommodationsanstrengung bewusst sei, und dass er dieselbe unter allen Umständen willkührlich aufheben könne. Bei totaler Erschlaffung sieht das emmetropische Auge mit einem Correctionsglase von $\frac{1}{5}$, das ungefähr 2″ von dem untersuchten Auge entfernt ist, den Augengrund bei Aphakie vollkommen scharf. Die Strahlen scheinen dann von einem 3″ hinter der Hornhaut gelegenen Punkte auszugehen, und das untersuchte Auge erfordert mithin Gläser von $1 : 3\frac{1}{2}$ in der Entfernung von $\frac{1}{2}$″ von der Hornhaut, um für parallele Strahlen, d. h. für die Ferne accommodirt zu sein. So kann man aus der Beobachtung mit dem Augenspiegel die Brennweite der erforderlichen Gläser herleiten. Diess bringt aber keinen wesentlichen Nutzen. Der Patient gibt selbst, genauer als sich diess mit dem Augenspiegel bestimmen liesse, die Gläser an, deren er zum Sehen in die Ferne bedarf, und bestimmt in der Regel sehr genau, in welcher Entfernung, und bei welcher

schiefen Lage der Gläser ein entfernter Lichtpunkt am schärfsten gesehen wird. Die Beobachtung ist aber in anderer Beziehung wichtig. Es ist nämlich bekannt, dass die ganze Krümmung der Netzhaut im emmetropischen Auge in der Brennfläche des dioptrischen Systems liegt; mit dem Augenspiegel sieht man bei unveränderter Accommodation die verschiedenen Theile der Netzhaut im aufrechten Bilde scharf, und im weissen aus dem Kopfe entfernten Kaninchenauge schimmern scharfe Bilder von entfernten Gegenständen durch die ganze Sclerotica hin, so weit nämlich Netzhaut an ihrer innern Fläche gelegen ist. Thomas Young hat die Vereinigung der Strahlen auf der Netzhautfläche mit dem schichtenartigen Baue der Linse in Verbindung gebracht. Und es ist gewiss, dass dieser nicht ohne Einfluss darauf ist. Man kann sich nämlich durch Untersuchung mit dem Augenspiegel davon überzeugen, dass im aphakischen Auge die Netzhaut mit derselbe Linse bei derselben Entfernung und unveränderter Accommodation nicht nach allen Richtungen gleich scharf sichtbar bleibt; um die excentrischen Theile zu sehen, muss etwas stärker acommodirt werden, oder man muss sich mehr von dem untersuchten Auge entfernen.

Eine andere Frage ist es, ob auch die in dem Augengrunde wahrnehmbaren Details eine Veränderung erleiden, wenn wir unter ziemlich grossem Winkel mit der Sehachse in das Auge hineinsehen. Ich habe mich davon überzeugt, dass diess wirklich der Fall ist. Wenn man in Fällen, in welchen gut sichtbare, scharf umschriebene Details im Augengrunde vorkommen, wie z. B. beim Bestehen umschriebener Pigmentablagerung in der Netzhaut, die Pupille dilatirt, so werden diese Figuren schon bei dem kleinen Richtungsunterschiede, unter dem sie sichtbar bleiben, verschiedenartig verzogen werden. Es muss daher auch wohl die Form eines excentrischen Bildes abweichen von derjenigen, welche durch denselben Gegenstand in der Nähe der Augenachse auf der Netzhaut gebildet wird. Die Richtung der Projection muss desshalb in aphakischen Augen verändert werden, weil doch die Gegenstände auch indirect in ihrer wahren Form erscheinen. Es verdient nun hervorgehoben zu werden, dass in einem Falle von Pigmentablagerung in der Netzhaut, in dem die Linse extrahirt war, diese eigenthümliche Formveränderung, welche entsteht, wenn man in verschiedenen Richtungen in das Auge hineinsieht, nicht mehr oder wenigstens in viel geringerem Maasse wahrgenommen wurde. Man muss daher annehmen, dass das indirecte Sehen bei Aphakie eine Veränderung erleide, und zwar so, dass die Form der Körper jetzt in den Netzhautbildern besser wiedererkannt, darum aber weniger richtig projicirt wird. Diess hat indessen bei dem fast stets erforderlichen Gebrauche von ziemlich starken Gläsern wenig zu bedeuten, indem dabei auf den am meisten excentrisch gelegenen Theilen der Netzhaut gar keine scharfen Bilder mehr entstehen.

Anmerkung zum sechsten Kapitel.

Geschichtliche Bemerkungen.

Seitdem im letzten Jahrzehent die hohe Bedeutung der Hypermetropie für die Augenheilkunde klar geworden war, und sich dieselbe unmittelbar darin kund gegeben hatte, dass sie über bis dahin ganz dunkle Gebiete der Patho-

genese Licht verbreitete, hat die Frage nach der Beschaffenheit der früheren Kenntnisse von dieser Anomalie ein grosses historisches Interesse gewonnen. Wie in allen derartigen Fragen stellte sich denn auch bald heraus, dass eine so häufige Anomalie den Augenärzten schon seit langer Zeit nicht unbekannt war, zumal da der künstlich geschaffene Zustand nach Kataraktoperationen oft genug zu beobachten war. Die erste uns bisher bekannt gewordene Schilderung hypermetropischer Augen datirt aus dem Jahre 1772. Jean Janin beschreibt in seinen „Mémoires et Observations etc. etc. sur l'oeil." Lyon 1772. Section XII, p. 429. (ins Deutsche übersetzt 1776, Berlin bei Himburg) einen Fall von hochgradiger Hypermetropie und schickt demselben folgende Bemerkungen voraus: „Sur une espece de vue extraordinaire dont aucun Auteur n'a fait mention. — Tous les Physiologistes et les Physiciens ont dit, qu'il y a trois sortes de vue, savoir: la myope, la presbyte et la vue parfaite. De ces trois especes de vue, il n'y en a que deux de naturelles: qui sont, la vue ordinaire et la myope; car la presbyte n'est qu'accidentelle, puisqu'elle n'affecte que les vieillards. — Il est encore une autre espece de vue, entiérement différente des trois autres: c'est celle des personnes à qui l'on abaisse ou extrait une cataracte; celles-ci ne voient distinctement, ni de loin, ni de près, excepté lorsqu'ils font usage d'une lunette très-convexe; mais cette espece de vue entre aussi dans la classe des vues accidentelles. On n'a donc connu réellement que deux sortes de vue naturelle, l'une causée par la trop grande convexité des corps transparents, l'autre par la juste proportion de toutes les parties du globe de l'oeil. Celle-ci, voit aussi-bien les objets qui sont à sa proximité, que ceux qui sont éloignés; au contraire, la vue myope distingue très-bien les objets voisins, mais non pas ceux qui sont à une certaine distance. Je ne sache pas qu'aucun Auteur ait fait mention d'aucune autre espece de vue naturelle: cependant il en existe; mais on doit les considérer comme des phénomenes, ou des écarts de la nature. L'observation suivante en est un exemple." Es handelte sich bei diesem Falle um einen portugiesischen Juden, der in Paris lebte, und welcher von Kindheit an ein so kurzes (la vue fort basse) Gesicht hatte, dass er nur mit Mühe lesen und schreiben lernte. Schon in seinem zwölften Jahre fing er an Convexgläser zu tragen und stieg mit denselben so rasch, dass er im 30. Jahre, in welchem er von Janin untersucht wurde, Brillen trug, wie sonst 70- oder 80-jährige Leute. Ohne diese Gläser konnte er nur sehr grossen Druck lesen und erkannte die Gesichtszüge ihm bekannter Personen nicht, wenn sie vier Fuss entfernt waren. Mit seinen Gläsern (qu'on appelle mi-cataractes) erkannte er nicht nur selbst in einer gewissen Entfernung Alles sehr gut, sondern las auch alle Arten von Druck und Geschriebenem. Eine sorgfältige (la plus scrupuleuse) Untersuchung ergab, dass übrigens alle Theile beider Augen gesund waren; nur waren die Augäpfel grösser und prominirten mehr, als gewöhnlich; die Augen boten also äusserlich die unzweideutigsten Zeichen hochgradiger Kurzsichtigkeit dar (ces deux yeux présentaient extérieurement les signes les moins équivoques de la myopie la plus complette). Concavgläser verbesserten aber das Sehen nicht, sondern verbreiteten einen Nebel über den betrachteten Gegenstand. Janin erwähnt zum Schluss die Analogie, welche diese Augen mit aphakischen Augen darboten, und sucht die Ursache des Leidens in einem zu flachen Bau der Linse, welcher durch Convexgläser ausgeglichen werde. Die Beschreibung genügt, dass wir noch heute Hypermetropie diagnosticiren können. Vielleicht handelte es sich aber auch um Ectopia lentis in myopischen Augen. Für uns ist fast das Wichtigste, dass Janin den angeführten Fall als ein Beispiel von mehreren mittheilt. Er muss also mehrere solche Augen beobachtet haben. — Der zweite Fall von Hypermetropie, den ich in der Literatur verzeichnet finde, fällt ins Jahr 1811. Wells beschreibt (Philosophical Transactions. CIII, p. 380) seine eigenen Augen. Im Alter von 55 Jahren bemerkte er, dass seine Presbyopie von einem Verlust an Accommodation herzuleiten sei, und dass er, um auf grosse Entfernung deutlich zu sehen, ein Convexglas von 36" Brennweite nöthig habe. Diese Beobachtung entging dem belesenen Mackenzie nicht (A practical treatise on the diseases of the eye. London, 1830, p. 729). „Although the eye", lesen wir, „after middle life, loses the power of distinguishing near objects with correctness, it generally retains the sight of those that are distant. Instances, however, are not wanting of persons of advanced age requiring the aid of convex glasses to enable them to see distant,

as well as near objects.“ Indem er darauf den Fall von Wells auseinander setzt, so muss man schliessen, dass er das Vorkommen jenes Zustandes im vorgerückten Alter für nicht ungewöhnlich hält; und Wells selbst war derselben Meinung.

Die Fälle, von denen Mackenzie spricht, beziehen sich aber nur auf erworbene Hypermetropie. Gäbe es keine andere Form, so wäre die Hypermetropie nicht von grosser Bedeutung. Ihr Vorhandensein würde sich dann in der That an Presbyopie anschliessen, und auch ich würde mich dann bereit finden lassen, den Ausdruck Hyperpresbyopie anzunehmen, welchen Stellwag von Carion, von solchen Fällen ausgehend, ganz allgemein jenen Augen beigelegt hat, in welchen der Brennpunkt hinter der Netzhaut liegt.

Am 19. November 1812 las James Ware vor der Royal Society seine Observations relative to the near and distant sight of different persons. Nachdem er von den senilen Veränderungen des Auges gesprochen und zum Schluss Wells' Fall von erworbener Hypermetropie angeführt hat, fügt er folgende bemerkenswerthe Worte hinzu: „There are also instances of young persons, who have so disproportionate a convexity of the cornea or crystalline, or of both, to the distance of these parts from the retina, that a glass of considerable convexity is required to enable them to see distinctly, not only near objects, but also those that are distant; and it is remarkable, that the same glass will enable many such persons to see both near and distant objects; thus proving that the defect in their sight is occasioned solely by too small a convexity in one of the parts above-mentioned, and that it does not influence the power by which their eyes are adapted to see at distances variously remote. In this respect such persons differ from those who had the crystalline humour removed by an operation; since the latter always require a glass to enable them to discern distant objects, different from that which they use to see those that are near“ (Philosophical Transactions 1813, p. 43). Hier, wie bei Janin, ist das Wesen der Hypermetropie richtig erkannt. In einem jugendlichen Auge mit ausreichender Accommodation liegt der Hauptbrennpunkt hinter der Netzhaut, und das Auge bedarf eines Convexglases um entfernte Gegenstände zu sehen; das Bild entspricht vollkommen der Hypermetropie. Doch hat Ware die grosse Tragweite dieser Entdeckung nicht erkannt und beschränkt sich auf diese kurze Mittheilung, die entweder übersehen, oder doch nicht hinreichend gewürdigt wurde. Janin's Fall findet sich in Gehlers Physik. Wörterbuch. IV. p. 1309. 1828 von Muncke erwähnt, und Mackenzie (l. c. p. 923) führt Ware zwar an, weiss aber nichts hinzuzufügen als: „The cases related by Mr. Ware, as occurring in young persons, seem to partake more of the character of asthenopia than of presbyopia.“ Danach hätte ihn seine Asthenopie in umgekehrter Weise auf die Entdeckung der Hypermetropie führen sollen.

Bis zum Jahre 1845 blieb nun die Hypermetropie wieder unerwähnt. In diesem Jahre stossen wir zunächst auf Sichel (Des lunettes et des états pathologiques, consécutifs à leur usage irrationel. Annales d' Oculistique, Tome XIII. pp. 5, 49, 109, 169. Tome XIV. pp. 14, 193. Bruxelles, 1845), dessen Lehren lange Zeit einen grossen Einfluss ausgeübt haben. Fälle einer so häufig vorkommenden Anomalie konnten einem so ausgezeichneten Beobachter nicht entgehen. Als „une espèce d' amblyopie congénitale compliquée de presbytie et prise d'ordinaire pour un très-haut degré de myopie,“ welcher er den Namen amblyopie presbytique congénitale gibt, schildert er mit klaren Zügen die hohen Grade der Hypermetropie. Die Natur dieses Leidens hat er indessen nicht begriffen. Doch constatirt er, dass Concavgläser das Sehen nur verschlechtern, dass man dagegen durch Convexgläser, „avec lesquels ils n'ont pas besoin de rapprocher beaucoup plus les objets, et qui même, pour leur servir efficacement, doivent être d'une certaine force,“ eine Verbesserung erhält. Er war aber weit entfernt davon, zu glauben, dass solche Augen wirklich Convexgläser nöthig haben. „Il serait dangereux toutefois,“ sagt er, „de les leur accorder trop tôt, ou de permettre qu' ils usent des verres trop puissants: mieux vaut les en priver le plus longtemps possible.“ Wandten sich Hypermetropen, die schon Convexgläser getragen hatten, an ihn, so stand er nicht an, zu erklären, der Gebrauch der Brillen wäre die Ursache, wesshalb sie ohne deren Hülfe nicht deutlich sehen könnten, und sah schon eine gefährliche Amblyopie

im Hintergrunde lauern. Desshalb verbot er den Gebrauch von Convexgläsern für die Ferne unbedingt. Diess that er sogar bei alten Personen. Ja er tadelt selbst Mackenzie, der doch gewiss nicht zu weit ging. In diesem eigenthümlichen Vorurtheil gegen den Gebrauch von Convexgläsern liegt der Beweis, dass das Wesen der Anomalie Sichel ein Geheimniss geblieben ist.

Dasselbe Vorurtheil herrschte lange Zeit fast allgemein. Noch im Jahre 1853 beschrieb White Cooper (On Near Sight, Aged Sight, and Impaired Vision. p. 97) einen Fall, wo ein 8-jähriges Mädchen ein Convexglas trug und mit diesem auf einen Schuh Abstand zu arbeiten vermochte. Er fügt hinzu, dass ihre Eltern beide gezwungen gewesen waren, mit 30 Jahren Convexgläser zu tragen (erbliche Hypermetropie); und doch konnte er dem armen Kinde keinen besseren Rath ertheilen, als den Gebrauch der Brillen aufzugeben. „There is good reason to believe," sagt er, „that as she grows older, and her eyes are more employed upon near objects, the distance of the point of distinct vision will decrease." So wenig ahnte man, dass der Bau des Auges die Ursache sein könnte, dass der Hauptbrennpunkt hinter die Netzhaut fällt, und dass desshalb für jede Entfernung eine Correction vermittelst eines Convexglases nothwendig sei.

Als nach der Entdeckung der Schieloperation das Schielen so allgemeine Aufmerksamkeit erregt hatte und in kurzer Zeit der Gegenstand einer langen Reihe von Abhandlungen wurde, untersuchte man das Sehvermögen der Schielenden natürlich genauer. Viele dieser Schriften tragen jedoch nicht den Stempel einer vorurtheilsfreien Untersuchung. Fast immer hob man besonders hervor, dass durch die Operation nicht nur die Entstellung, sondern auch die Gesichtsstörung beseitigt worden sei. Im Allgemeinen finden wir Refractions- und Accommodationsanomalien, sowohl mit einander verwechselt, als auch mit Gesichtsschwäche zusammen geworfen, indem Theorien in Bezug auf den Einfluss der äusseren Augenmuskeln auf die Accommodation zur Grundlage der Erklärung dessen, was man beobachtet hatte, gemacht wurden oder gar selbst auf die Beobachtung Einfluss nahmen. Es ist klar, dass ein schielendes, hypermetropisches Auge, welches überdiess meistens an Gesichtsschwäche leidet, gewöhnlichen Druck nur in der Nähe und selbst dann nur mit Schwierigkeit entziffern kann, immer aber noch besser als denselben Druck in grösserer Entfernung. Inzwischen wurde dieser Zustand ganz allgemein für Myopie gehalten, und selbst Baudens (Leçons sur le strabisme et le begaiement. Paris. 1861, p. 95) nennt ein Kind ausserordentlich kurzsichtig, weil es Gegenstände nur mit starken Convexgläsern unterscheiden konnte. Ludwig Böhm (Das Schielen, und der Sehnenschnitt in seinen Wirkungen auf Stellung und Sehkraft der Augen. Berlin, 1845) constatirte als vorurtheilsfreier Beobachter, dass bei Strabismus das Sehen in der Nähe besser, als das für ferne Gegenstände wäre (also Myopie?), und dass nichtsdestoweniger der Patient mit Convexgläsern in grösserer Entfernung lesen könne (also Presbyopie?). So sah er sich in ein schwieriges Dilemma gebracht, aus dem er keinen Ausweg wusste. Augenscheinlich bedachte er nicht, dass, selbst ohne Accommodation für nahe Gegenstände, Buchstaben von einer gewissen Grösse, besonders bei bestehender Amblyopie, nahe dem Auge leichter, als in grosser Entfernung erkannt werden, einfach desshalb, weil die Netzhautbilder grösser sind, und dass dennoch Convexgläser, indem sie die Bilder schärfer machen, es unter solchen Umständen ermöglichen, sie in grösserer Entfernung zu erkennen. Ausserdem suchen wir bei ihm vergebens nach einem bestimmten Versuche, aus dem sich schliessen liesse, dass er das Bestehen von Hypermetropie je genügend nachgewiesen hätte. In der That untersuchte er immer nur, mit welchen Convexgläsern ein gewisser Druck von mittlerer Grösse am besten erkannt wurde, und nirgends ist bemerkt, dass die Entfernung, in der gelesen wurde, grösser war, als die Brennweite der angewandten Gläser.

Unter den von Ritterich (Das Schielen und seine Heilung. Leipzig, 1843. p. 73) mitgetheilten Fällen von Strabismus finden wir einen, in welchem das Vorhandensein von Hypermetropie nachgewiesen wurde: „Mit einem Convexglas Nr. 24", lesen wir, „sah er (ein Knabe von 11 Jahren) sowohl nahe als entfernte Gegenstände besser." Jedoch wurde dieser Zustand weder genauer bestimmt, noch gewürdigt, noch wurde auf den Fall weiter Rücksicht genommen. Ein ähnlicher Fall, den Fronmüller beschrieb (Beobachtungen auf dem Gebiete der

Augenheilkunde. Fürth, 1850. p. 54), in welchem ausdrücklich constatirt wurde, dass der 22-jährige Patient, um für die Entfernung gut sehen zu können, gezwungen war, ein Convexglas Nr. 8 zu gebrauchen, dieser Fall, sage ich, wurde in unbegreiflicher Weise mit der Myopia in distans von Kerst zusammen geworfen, welche nichts anderes, als ein leichter Grad von Myopie ist.

Um zu erfahren, ob frühere Autoren eine Idee von Hypermetropie gehabt haben, müssen wir unter dem Kapitel Presbyopie suchen. In manchen Werken finden wir bemerkt, dass es Leute gibt, welche schon früh Convexgläser zum Lesen und Schreiben und mitunter selbst sehr starke nöthig haben. So lesen wir in Mackenzie (l. c. p. 728) „Young men of twenty years sometimes cannot see to read or write without convex glasses of six or eight inches focus, while persons of eighty years and upwards are occasionally met with who are able to read even a small print without assistance . . . These, and similar differences, depend upon the original formation of the eyes, how they have been used, and the general health and constitution of the individual.“ So sagt auch Smee (The Eye in Health and in Disease. London, 1854. p. 33) „Although far sight occurs most commonly as a disease, yet I have been occasionally consulted by patients who have suffered from this abnormal state as a result of congenital defect. The patient in this case prefers to sit before a window with the light falling directly upon the pupil, so that by its contraction to a pin's point, only the central rays infringe upon the retina, and thus fair vision may be obtained. Congenital farsight may exist with most perfect power of adjustment.“ Diese letzten Worte sind von Wichtigkeit. Wenn das Accommodationsvermögen vollkommen ist, und nichtsdestoweniger nahe Gegenstände nicht gesehen werden, so kann der Zustand kein anderer sein, als Hypermetropie. Er fügt hinzu: „the disease may be determined with great accuracy, instantly, by the optometer.“ Aber aus den Tafeln, in welchen die Resultate der berechneten optometrischen Beobachtungen zusammen gestellt sind, geht nicht hervor, dass Smee sich wirklich des Vorhandenseins von Hypermetropie bewusst war.

So war also nicht einmal der Standpunkt von Ware wieder erreicht.

Wer aus Erfahrung weiss, wie häufig Hypermetropie vorkommt, wie nothwendig eine Kenntniss derselben zu einer correcten Diagnose verschiedener Augenkrankheiten ist, und welchen Einfluss sie auf das ganze Verfahren des Oculisten hat, dem drängt sich die traurige Ueberzeugung auf, dass eine unglaubliche Anzahl von Patienten mit allen Sorten von Heilmitteln gequält und qualvoller Angst überliefert wurde, welche durch passende Brillen augenblickliche Erleichterung und Erlösung gefunden haben würde. Wir mögen es desshalb als ein wirkliches Glück betrachten, dass viele von ihnen ihre Zuflucht einfach zu gewöhnlichen Empirikern, sogenannten Optikern, genommen haben, die sich bestreben, den Leuten solche Brillen zu geben, welche ihnen das Sehen für die Dauer erleichtern. Sichels Klage über die grosse Zahl der Patienten, die für die Ferne Convexbrillen tragen, beweist hinlänglich, dass die Optiker sehr wohl wussten, dass für gewisse Augen das Sehen in die Ferne durch Convexgläser verbessert wird. Noch jetzt begegnet uns dasselbe häufig genug. Was aber noch mehr ist, manche von diesen Optikern hatten mehr oder weniger richtige Ideen über Hypermetropie. So finden wir schon im Jahre 1842, unter einem Chaos von verworrenen Ideen, von J. A. Hess (Theoretisch en praktisch handboek der mechanische oogheelkunde. p. 216, Zierikzee, 1842) einen Zustand unter dem Namen von Presmyopia (sic!) besonders beschrieben und charakterisirt, von dem er sagt: „Das einzige Constante besteht darin, dass das Sehen solcher Augen für alle Entfernungen durch Hinzufügen eines Convexglases verbessert wird,“ und dadurch ist Hypermetropie augenscheinlich charakterisirt. Hess führt an, dass dieser Zustand in verschiedenen Graden vorkomme, und dass das Accommodationsvermögen gleichzeitig vorhanden sein könne. Er war aber der Ansicht, dass in solchen Augen die Linse entweder ganz fehle oder partiell degenerirt sein müsse, und dass viel Hoffnung vorhanden wäre, leichte Grade dieses Leidens zu heilen.

Wie hier bei einem Optiker die thatsächliche Bekanntschaft mit Hypermetropie, so finden wir ziemlich gleichzeitig bei einem Physiker zum ersten Mal die vollkommen richtige dioptrische Definition dieser Anomalie. Listing (Beitrag zur Physiologischen Optik. Göttingen, 1845. p. 8) definirt das, was wir heute die drei Refractionszustände des Auges nennen, wie folgt: „In einem für paralleles

Licht eingerichteten Auge werden alle, in der Richtung der Achse von einem sehr weit entlegenen Punkte einfallenden Strahlen in einem in der Macula lutea liegenden Punkte der Netzhaut vereinigt. Im kurzsichtigen und in dem für näher gelegene Objecte accommodirten Auge haben diese beiden Brennpunkte eine etwas andere Lage. Der vordere liegt dem Auge näher, der hintere fällt merklich vor die Netzhaut. Bei einem weitsichtigen (!) Auge, welches nur durch eine Sammellinse die Fixsterne als leuchtende Punkte wahrnimmt, steht der vordere Brennpunkt etwas weiter vom Auge ab, der hintere fällt hinter die Retina." Diess stimmt ganz mit unsern heutigen Anschauungen und Benennungen, bis auf die Bedeutung des Wortes „Weitsichtigkeit" überein. — In demselben Jahre 1845 finden wir auch zum ersten Mal die Hypermetropie in einem wissenschaftlichen Handbuch der Augenheilkunde (Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie für Aerzte und Studirende. 1. Auflage, 1845, p. 116) mit folgenden Worten unter dem Namen von „Uebersichtigkeit" beschrieben: „Uebersichtigkeit ist der Zustand, bei dem wegen einer eigenthümlichen, noch nicht hinreichend erforschten Construction der brechenden Mittel des Auges, weder nahe noch ferne Gegenstände deutlich gesehen werden. Das Auge scheint dabei an einem gänzlichen Mangel der Accommodationskraft und an einer sehr geringen Brechungskraft zu leiden. Dieser Gesichtsfehler ist in der Regel angeboren, oder er entwickelt sich doch sehr früh in der Jugend. Das Sehen wird durch convexe Brillen, deren Focaldistanz aber je nach der Entfernung der Objecte verschieden sein muss, bedeutend verbessert, so dass die an jenem Fehler Leidenden selbst zu lesen im Stande sind." Die Beschreibung lässt noch viel zu wünschen übrig, der Zustand ist nicht genau charakterisirt, überdiess ist unrichtig vorausgesetzt, dass das Accommodationsvermögen in solchen Augen fast gänzlich fehlt. Diese Andeutungen blieben denn auch, wie es scheint, fast unbeachtet.

Zehn Jahre später, am 12. April 1855 übergab Dr. Karl Stellwag von Carion der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien eine ausführliche Arbeit unter dem Titel: „Die Accommodationsfehler des Auges," welche, aus dem Aprilhefte des Jahrganges 1855 der Sitzungsberichte der mathem. naturwissenschaftlichen Klasse der k. Akad. der Wiss. (Bd. XVI, p. 187 — 281) besonders abgedruckt, im Buchhandel zu haben ist. Die Verdienste dieser Arbeit sind gross. Stellwag verwerthet in derselben nicht allein die von ihm rückhaltslos anerkannte Cramer-Helmholtz'sche Accommodationstheorie für das einschlägige Gebiet der Augenheilkunde, sondern es lässt sich wohl auch annehmen, dass gerade diese neue Theorie den Anlass zu seiner Arbeit gab. Er erkannte das Wesen der Hypermetropie richtig, wie aus folgenden Worten hervorgeht (p. 84 [268]): „Die optische Wesenheit der Uebersichtigkeit liegt demnach darin, dass die Brennweite des dioptrischen Apparates bei völliger Ruhe des Accommodationsmuskels eine grössere ist, als der Abstand der Netzhautschichte von dem optischen Centrum der lichtbrechenden Medien; dass daher selbst nahezu parallel einfallende Strahlen nur unter Voraussetzung accommodativer Vermehrung des Refractionszustandes oder unter gar keiner Bedingung, auf der Netzhaut-Stabschichte zur Vereinigung gebracht werden können und sich hinter diesem Stratum zu Objectbildern concentriren; dass aber der dioptrische Apparat wohl für convergent auffallende Strahlen eingerichtet ist und sofort Gesichtsobjecte negativer Distanz zur Anschauung zu bringen vermöge." Entgegen ziemlich gleichzeitigen Versuchen über die Lage des Fernpunktes bei Accommodationsruhe, unterschied er zwischen der Einstellung des Auges bei Accommodationsruhe und der Einstellung des Auges bei gleichzeitiger Anspannung des Accommodationsvermögens, ganz wie wir es jetzt thun. In Bezug auf das praktische Bedürfniss des Sehens unterscheidet er einen niedern und einen höhern Grad der Hypermetropie. „Die Hyperpresbyopie niedern Grades charakterisirt sich demnach durch das Unvermögen des freien Auges, Objecte von mehreren Fussen Distanz klar und deutlich wahrzunehmen, und durch den Bedarf accommodativer Thätigkeit, sobald es sich um scharfe Netzhautbilder weit entfernter Gegenstände handelt. Der Hyperpresbyope höheren Grades aber sieht nahe und ferne Objecte nur in Zerstreuungskreisen und keine Anstrengung des Accommodationsmuskels vermag den Durchmesser der die Netzhaut treffenden Zerstreuungskreise auf Null zu reduciren." Aus diesen Worten geht aber auch hervor, dass er weder die leichten Grade von Hypermetropie und damit

die ausserordentliche Häufigkeit von Hypermetropie überhaupt, noch die latente Hypermetropie gekannt hat. Dagegen finden wir bei ihm schon die richtige Methode, den Fernpunkt zu bestimmen, angegeben. Es heisst (p. 89 [273]): „Die um den Abstand der Brille vom Auge verminderte Brennweite der schärfsten Sammellinse, mit welcher der Hyperpresbyopische noch sehr ferne Gegenstände von hinlänglichem wirklichen Glanze, am besten Himmelskörper, in klaren und deutlichen Bildern wahrzunehmen fähig ist, gibt die Lage des Fernpunktes." Auch hat Sellwag schon die Vermuthung ausgesprochen, dass sich in einer nicht ganz bedeutungslosen Zahl von untersuchten Fällen die Uebersichtigkeit auf nicht durch krankhafte Prozesse im Bulbus bedingte normwidrige Achsenlänge des Auges zurückführen lasse, während er Verlängerungen des Hornhautradius und Entfernung des Krystallkörpers aus der Sehachse als Ursachen der erworbenen Hypermetropie anführt. Die Wissenschaft verdankt also Stellwag, in Bezug auf unsern Gegenstand, die Erkenntniss der facultativen Hypermetropie, die Bestimmung des Fernpunktes bei Hypermetropie, die Andeutung der gewöhnlichen Ursache und vor Allem die erste Monographie über den ganzen Gegenstand. Trotzdem fand die verdienstvolle Arbeit nirgends, wie sich leicht nachweisen liesse, die ihr gebührende Berücksichtigung, und es stellte sich später heraus, dass sie von den wenigsten Ophthalmologen auch nur gelesen war.

Wenige Monate, nachdem Stellwag seine Untersuchungen über die Accommodationsfehler des Auges veröffentlicht hatte, erschien im Archiv für Ophth. (II, 1, p. 158) ein Aufsatz von v. Graefe „Ueber Myopia in distans nebst Betrachtungen über das Sehen jenseits der Grenzen unserer Accommodation", in welcher sich eine meisterhafte Beschreibung der höchsten Grade von Hypermetropie findet. Stellwag hatte beobachtet, dass übersichtige Personen, um einen Gegenstand genauer zu sehen, denselben sehr nahe ans Auge bringen und scheint, sonderbar genug, zu glauben (l. c. p. 85 [269]), dass er dann mehr beleuchtet sei. Von Graefe hatte dasselbe beobachtet, hat aber auch, zum Theil wenigstens, die Ursache angegeben, indem er mathematisch nachwies, dass beim Annähern eines Gegenstandes ans Auge der Winkel, unter welchem er erscheint, rascher zunimmt als der Zerstreuungskreis, andererseits aber lehrte, am eigenen Auge diese Wirkung zu studiren, wenn man es vorher durch Vorsetzen eines negativen Glases hypermetropisch gemacht habe. Er fand ferner, dass sich das hypermetropische Auge schon äusserlich sowohl durch die geringere Tiefe der vordern Kammer, als durch die Enge der Pupille vom myopischen Auge unterscheiden lasse. Doch hat er ebenso wenig, wie Stellwag, die leichtern und mittleren Grade von Hypermetropie recht erkannt und gewürdigt.

Diess war der Stand unserer Kenntnisse von der Hypermetropie, als ich meine Arbeiten über die Anomalien der Refraction und Accommodation des Auges begann.

In meiner ersten Mittheilung (Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde, 1858, pp. 465 — 476. Arch. f. Ophth. IV, 1, pp. 301 — 340) und ebenso in der kurz nachher unter meiner Aufsicht geschriebenen Dissertation von Mac Gillavry (Onderzoekingen over de hoegrootheit der accommodatie. Utrecht, 1858) wurde die Hypermetropie zuerst scharf von Presbyopie unterschieden, die Trennung in Anomalien der Refraction und Accommodation und der Gegensatz zwischen Myopie und Hypermetropie traten jedoch noch nicht hervor. Erst in der 1859 in Heidelberg gehaltenen Versammlung wies ich unter anderm nach, dass Presbyopie und die sogenannte Hyperpresbyopie, sowohl dem Wesen, als den Symptomen nach, zwei ganz verschiedene Zustände seien, dass letztere allein zu Myopie im Gegensatz stehe, und dass ein Auge sogar hochgradig hypermetropisch sein könne, ohne im Geringsten mit Presbyopie behaftet zu sein, etc. etc. Ich betonte, dass in Folge dessen der Ausdruck „Hyperpresbyopie" fallen gelassen werden müsste, und Helmholtz, der zugegen war, schlug sogleich den Ausdruck „Hyperopie" vor. Dieser stimmt mit dem zuerst von Ruete gebrauchten Ausdrucke „Uebersichtigkeit" überein und fand rasch Anklang. Als ich in der Folge an meinem Systeme weiter baute, kam mir jedoch der Gedanke, dass der Ausdruck „Hypermetropie" mehr mit der Nomenclatur in Uebereinstimmung stehen würde, die ich schon in den Wörtern Ametropie und Emmetropie in Anwendung gebracht hatte, und dieser Ausdruck wird seitdem immer allgemeiner

gebraucht. Während in England und Frankreich allgemein Hypermetropie gesagt wird, halten in Deutschland v. Graefe und einige seiner Schüler noch an dem Worte Hyperopie fest; und nur Stellwag ist nicht allein seiner Hyperpresbyopie treu geblieben, sondern hat auch den sachlichen Gegensatz zwischen uns in neuester Zeit wieder dadurch verschärft, dass er in der 2. Auflage seines Lehrbuches (Wien, 1864) der Presbyopie nicht einmal mehr ein eigenes Kapitel gönnt, und das ganze Verhältniss vollkommen umkehrt, indem er die Hypermetropie nicht mehr wie früher, einen höhern Grad von Presbyopie (Hyperpresbyopie) nennt, sondern die Fernsichtigkeit der Hyperpresbyopie als eine Unterart subsumirt. „Der scheinbar reine Accommodationsfehler, die Fernsichtigkeit, stellt sich immer deutlicher als das heraus, was sie in der That ist, als eine mit beträchtlicher Accommodationsbeschränkung gepaarte Hyperpresbyopie“ (l. c. p. 682). Es würde zu weit führen, hier noch einmal meine Gründe gegen diese Auffassung des Verhältnisses anzuführen. Meine Antwort ist in den beiden vorstehenden Kapiteln dieses Werkes klar und deutlich genug enthalten.

Meine Untersuchungen über Hypermetropie finden sich in Ametropie en hare gevolgen. Utrecht 1860, und im Arch. f. Ophth. VI, 1, pp. 62 — 106; 2, pp. 210 — 243. . . .

Seitdem haben verschiedene Autoren die Refractionsanomalien behandelt, unter andern Hasner (Klinische Vorträge über Augenheilkunde. Prag. 1860); Giraud Teulon (Physiologie et pathologie functionelle de la vision binoculaire. Paris, 1861); Happe (Die Bestimmungen des Sehbereiches und dessen Correction. Braunschweig, 1860); Soelberg Wells (On long, short and weak Sight and their Treatment. London, 1. 2. Ausg. 1864); Stellwag von Carion (Lehrbuch der praktischen Augenheilkunde. 1. Aufl. 1862, 2. Aufl. 1864, pp. 645 — 722); Giraud Teulon (Précis etc.) in Traité pratique des Maladies de l'oeil par M. Mackenzie. 4. edit. traduite par Warlomont et Testelin. Supplément. Premiere fascicule. Paris 1865 und Laurence (Optical defects of the Eye. London 1865). Unsere Kenntnisse der Hypermetropie sind durch diese Werke indess kaum gefördert worden. In dem Werke von Stellwag sind die Resultate meiner Untersuchungen seinen schon besprochenen Sonderansichten umfassend und vorurtheilsfrei angepasst worden. Das neueste Précis de la Réfraction et de l' Accommodation de l' Oeil et de leurs Anomalies von Giraud Teulon ruht gröstentheils auf der englischen Ausgabe dieses Werkes, behandelt aber den Gegenstand in ausgezeichnet klarer Weise. In Hasners Vorträgen sind sehr nützliche Winke enthalten, und sehr brauchbar sind die schönen Abhandlungen von Sölberg-Wells und von Laurence, die denselben Zweck verfolgen, wie Giraud Teulon. Von den genannten Arbeiten unterscheidet sich durch Originalität das schon erwähnte Buch von Professor Ed. von Jaeger jun. (Ueber die Einstellungen des dioptrischen Apparates im menschlichen Auge. Wien, 1861). Zwar hat auch dieses Werk keine neuen Aufschlüsse über die Hypermetropie gebracht, es gebührt dem Autor aber das Verdienst, zuerst den Versuch gemacht zu haben, die Veränderungen, welche die Refractionsverhältnisse des Auges bei normaler Entwicklung in der Kindheit erleiden, zu erforschen. Ich glaube, dass seinen Messungen des Augapfels und der Linse in der Leiche weniger Wichtigkeit beizulegen ist, als seinen Bestimmungen des Refractionszustandes der Augen in verschiedenen Lebensperioden mit Hülfe des Augenspiegels, besonders in den Fällen, wo er vorsichtigerweise vor der Untersuchung die Accommodation durch Atropin gelähmt hatte. Dem Beispiele von Helmholtz (Beschreibung eines Augen-Spiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge. Berlin, 1851. p. 38) folgend, empfahl v. Jaeger schon früher den Augenspiegel zur Bestimmung des Refractionszustandes des Auges (Oesterreichische Zeitschrift für praktische Heilkunde. 1856, März, Nr. 10) und hat ohne Zweifel eine grosse Fertigkeit im Gebrauche dieser Methode erlangt. Seine Untersuchungen erstrecken sich über mehr als 1600 Augen. Die Resultate theile ich in folgender Tabelle mit:

Unter 100 Augen von	sind		
	hyper-metropisch	emme-tropisch	myopisch
Kindern im Alter von 9 — 16 Tagen . .	17	5	78
Kindern im Alter von 2 — 6 Jahren . .	8	30	62
Knaben auf dem Lande im Alter von 6 — 11 Jahren	11	46	43
Mädchen auf dem Lande im Alter von 5 — 11 Jahren	10	34	56
Knaben in einem Waisenhause im Alter von 7 bis 14 Jahren	12	33	55
Zöglingen in einem Privat-Erziehungshause im Alter von 9 — 16 Jahren . . .	2	18	80
Gemeinen Soldaten, Italiener, im Alter von 20 bis 25 Jahren	1	57	42

In der Tabelle, wie sie v. Jaeger mittheilt, sind auch die Grade der Ametropie angegeben.

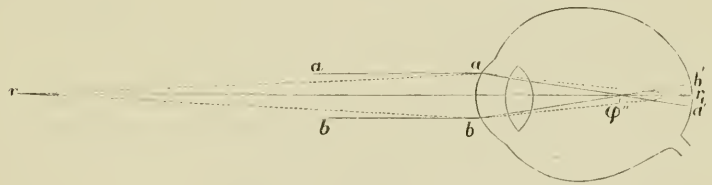
SIEBENTES KAPITEL.

Myopie. *M.*

§ 26. Dioptrische Definition, Diagnose, Grade, Vorkommen, Erblichkeit, Entwicklung im zunehmenden Alter.

Wir haben die Myopie bereits als einen der Hypermetropie entgegengesetzten Zustand bezeichnet. Bei der Hypermetropie liegt der Brennpunkt des dioptrischen Systemes hinter, bei der Myopie dagegen vor der Netzhaut, mit anderen Worten, parallele, (Fig. 125, $a\,a$, $b\,b$) von unendlich fernen Gegen-

Fig. 125.



ständen ausgehende Strahlen vereinigt das myopische Auge vor der Netzhaut in r'', und jeder unendlich ferne Punkt bildet daher auf der Netzhaut einen Zerstreuungskreis ($a'\,b'$) von Strahlen, welche sich schon geschnitten haben. Hieraus folgt, dass Strahlen, welche auf der Netzhaut in r_1 zur Vereinigung kommen sollen, von einem in endlicher Ferne liegenden Punkte r kommen und mithin divergirend auf die Hornhaut fallen müssen (s. die punktirten Linien).

Diess gilt für das Auge im Zustande der Ruhe. Das emmetropische, und gewöhnlich auch das hypermetropische, Auge kann durch Accommodationsanstrengung seinen Brennpunkt für parallele Strahlen vor die Netzhaut bringen, aber es wird dadurch nicht myopisch. Ja! selbst dann kann man es nicht myopisch nennen, wenn der Brennpunkt durch Accommodationskrampf vor die Netzhaut gelagert und eine Abspannung der Accommodation bis zur Emmetropie unmöglich wird. Myopie hängt vielmehr ganz wie Hypermetropie vom

Baue des Auges, ohne Rücksicht auf Accommodation oder richtiger bei thatsächlicher Abspannung derselben, ab.

Im Allgemeinen lässt sich Myopie leicht erkennen. Regel ist, dass nahe Gegenstände scharf gesehen werden, während das Sehen in die Ferne undeutlich ist. Sobald Buchstaben von doppelter Grösse in doppelter Entfernung nicht mehr erkannt werden, sind wir im Allgemeinen berechtigt, das Vorhandensein von Myopie anzunehmen. Ein weiteres Kriterium ist der Umstand, dass das Sehen in die Ferne durch Concavgläser schärfer wird; doch gilt diess nicht von allen Concavgläsern. Bei leichten Graden von Myopie wird das Sehen durch starke Concavgläser sogar schlechter, als mit freiem Auge, und bei den höchsten Graden von Myopie macht sich der Einfluss schwacher Concavgläser kaum bemerkbar. Es entsteht daher die Frage, mit welchen Gläsern wir in einem besonderen Falle die Untersuchung beginnen sollen, um uns vom Vorhandensein von Myopie zu überzeugen; und diese beantwortet sich durch die ersten Leseversuche, die man vornimmt. Durch dieselben erfahren wir nämlich ungefähr die Entfernung R des Fernpunktes für das deutliche Sehen. Fast immer stellt sich der myopische Kranke selbst mit der Bemerkung vor, dass er nahe Gegenstände gut, ferne dagegen nur mit Mühe erkennen könne, und wenn wir ihm dann ein Buch mit kleinem Druck in die Hand geben, z. B. *Sn* Nr. I und II, so zeigt die Entfernung, welche er zum Lesen wählt, ungefähr den Fernpunkt an. Dennoch lassen wir ihn nun das Buch entfernter halten, bis er anfängt weniger leicht zu lesen und sogar etwas grössere Buchstaben weniger scharf zu sehen, und schätzen dabei die Entfernung, in welcher diese Abnahme der Genauigkeit beginnt. Ist dieselbe 6″, so versuchen wir anfangs Gläser von $-\ ^1/_6$, ist sie 10″, solche von $-\ ^1/_{10}$ etc. Das Sehen in die Ferne wird nun fast jedesmal besser; es werden auf der Tafel Buchstaben von CC bis XX oder noch weniger in einer Entfernung erkannt, in welcher sie ohne Gläser nicht erkannt wurden, und damit ist das Bestehen von Myopie erwiesen. Die Sache ist einfach: das Sehen ist auf 6″, auf 10″ genau, und es erhalten die von fernen Objecten ausgehenden parallelen Strahlen durch Gläser von $-\ ^1/_6$, von $-\ ^1/_{10}$ eine Richtung, als wenn sie von einem 6″ oder 10″ von dem Glase entfernten Punkte ausgingen (vergl. p. 29), und dadurch ist das Sehen in grosser Entfernung möglich gemacht.

Darauf bestimmen wir sogleich den Grad der Myopie noch genauer; mit andern Worten, wir bestimmen R, die Entfernung von r bis k'. Diese wird gefunden, indem man das schwächste negative Glas sucht, mit welchem das Sehen noch so scharf, wie überhaupt möglich, ist. Um dieses Ziel rasch zu erreichen, bringen wir die für passend erachteten Gläser in ein Gestell, lassen den Kranken durch dieselben nach der schon erwähnten Tafel sehen und halten dann, während wir das Gestell mit den Fingern etwas heben, ein wenig schwächere Gläser vor das Auge und fragen, ob mit diesen das Sehen ebenso gut oder vielleicht besser, als früher sei. Antwortet der Kranke mit Ja, so setzen wir diese Gläser in das Gestell und vergleichen sie auf dieselbe Art mit noch etwas schwächeren Gläsern. Diese Versuche setzen wir so lange fort, bis wir zur Antwort bekommen, dass das Sehen nicht mehr so scharf, wie mit den zuletzt versuchten Gläsern sei. Aber auch jetzt müssen wir noch schwächere Gläser versuchen, und uns erst mit der Angabe, dass das Sehen um vieles schlechter sei, zufriedenstellen. Die Erfahrung hat mir nämlich

gelehrt, dass wir nicht zu vorsichtig sein können. Bei guter Accommodation wird die Wirkung zu starker Gläser leicht genug überwunden, und da bei geringen Unterschieden in der Stärke der Gläser das Sehen sich nahezu gleich bleibt, so verleitet dieses Gleichbleiben zur Angabe, dass das Sehen weniger genau sei. So habe ich bei $M = {}^1/_{16}$ gesehen, dass Gläser $— {}^1/_8$ Gläsern von $— {}^1/_9$ oder $— {}^1/_{10}$ vorgezogen wurden, obwohl sich schliesslich solche von $— {}^1/_{16}$ als genügend erwiesen. — Nicht selten sind aber die zuerst versuchten Gläser zu schwach. In diesem Falle werden bei der Vergleichung die schwächeren unmittelbar zurückgewiesen. Diess ist besonders bei ältern Myopen, die es vorziehen in einer verhältnissmässig grossen Distanz zu lesen, der Fall, während sehr junge, noch im Vollbesitze ihrer Accommodation befindliche Kranke den Gegenstand gerne innerhalb ihres Fernpunktabstandes bringen, und so bei den ersten Versuchen einen höhern Grad von Myopie vermuthen lassen. Wenn wir nun finden, dass ein schärferes Glas nothwendig ist, um eine grössere Sehschärfe zu erreichen, so steigen wir mit der Verstärkung der Gläser so lange, bis durch dieselbe keine Verbesserung mehr erzielt wird, und versuchen dann nochmals, ob nicht ein etwas schwächeres Glas ebenso sehr befriedige. Auf diese Weise wird endlich das Ziel erreicht. — Es wurde schon darauf hingewiesen, dass die Entfernung vom Auge, in welcher das Glas gehalten wird, auf die Wirkung desselben von Einfluss sei. Während das Convexglas je weiter vom Auge, um so stärker wirkt, ist beim Concavglas das Umgekehrte der Fall. Der Grund ist klar. Parallele Strahlen, welche durch ein Concavglas gebrochen werden, scheinen von einem Punkte *vor dem Glase* auszugehen, welcher so weit entfernt ist, wie die Brennweite des Glases beträgt, und dieser Punkt liegt noch um den Abstand zwischen Auge und Glas weiter vom Auge entfernt. So ist ein Glas von $— {}^1/_8$, einen Zoll weiter vom Auge entfernt, einem Glase von $— {}^1/_9$ gleich zu achten, mit dem Unterschiede, dass die Bilder kleiner sind; daher wird auch $— {}^1/_9$ gewählt, wenn man es um einen Zoll näher zum Auge hält. Wir können nun von dem Einflusse der Entfernung auf die Wirkung der Gläser oft vortheilhaften Gebrauch machen, um rasch zu entscheiden, ob ein versuchtes Glas zu schwach oder zu stark sei. Ist es zu stark, so wird es nicht unbequem werden, wenn man es ein wenig vom Auge entfernt; ist es zu schwach, so wird der Kranke eher vorziehen, es geradezu ans Auge zu halten. Doch darf man sich darauf nicht allzu sicher verlassen. Ein Myope mit gutem Accommodationsvermögen wird auch ein zu starkes Glas mit Vorliebe nahe ans Auge halten, weil die Netzhautbilder dadurch grösser werden. Wir können daher, wenn das Sehen durch das Fernerrücken der Gläser gleich gut oder selbst besser wird, annehmen, dass dieselben zu stark seien, aber nicht umgekehrt. In keinem Falle dürfen wir uns früher zufrieden geben, als bis wir bestimmt haben, welches das schwächste Glas ist, das, knapp ans Auge gehalten, vollkommen genügt. Dadurch lernen wir den Grad der Myopie und zu gleicher Zeit die Sehschärfe kennen (vergl. p. 85). — Die Untersuchung kann im Allgemeinen mit beiden Augen zu gleicher Zeit vorgenommen werden; fast immer ist die Myopie in beiden Augen nahezu von gleichem Grade, und was für beide Augen gefunden wurde, kann in einem Augenblicke für jedes besonders geprüft werden. Wenn wir aber a priori Grund haben Ungleichheit der Myopie in beiden Augen zu vermuthen, und wenn wir bei den ersten Sehversuchen widersprechende Angaben erhalten, so

muss erst das eine Auge untersucht und dann mit dem zweiten verglichen werden. Man beginne mit dem Auge, welches der Kranke selbst für das bessere erklärt, und lasse das andere während dessen mit der Hand leicht bedecken*).

Manche werden die obigen Verhaltungsmaassregeln umständlich und gar zu minutiös finden. Doch sind sie in mancher Hinsicht noch unvollständig; ich will daher auf die Gefahr hin, das Missfallen meiner Leser zu erregen, noch auf einige gelegentliche Quellen von Irrthümern aufmerksam machen. Man möge dabei bedenken, dass eine ungenaue Bestimmung des Grades der Myopie die Augen in grosse Gefahr bringen kann.

Zunächst bilden Manche sich ein, wenn sie auch nicht kurzsichtig sind, mit Concavgläsern ferne Gegenstände deutlicher zu sehen. Die kleineren Dimensionen der Buchstaben oder anderer Gegenstände scheinen ihnen so reizend und behaglich, dass sie verleitet werden, auch die Schärfe zu rühmen. Wir dürfen uns daher nie mit der Erklärung: „Ich sehe besser," begnügen, sondern wir müssen uns von der Richtigkeit der Angaben dadurch überzeugen, dass wir den Kranken die einzelnen Buchstaben nennen lassen.

In manchen Fällen werden aber wirklich Gegenstände beim Gebrauche von Concavgläsern besser gesehen, obwohl das Auge nicht myopisch ist. Diess geschieht besonders bei nebligen Trübungen der Hornhaut, indem die Pupille in Folge der durch die Concavgläser bedingten Accommodationsanstrengung enger wird und dadurch die Menge des diffusen Lichtes vermindert. Besonders wenn die Trübung partiell ist und so liegt, dass sie das directe Sehen nur bei weiter Pupille stört, wird eine Verengerung der letzteren beim Gebrauche eines Concavglases eine sehr bedeutende Besserung des Sehvermögens hervorrufen. Es braucht nicht gesagt zu werden, dass das Vorhandensein einer genügenden Accommodationsbreite eine Conditio sine qua non ist, um mittelst Concavgläsern eine Besserung zu erzielen. — Ferner muss man sich hüten, Krampf des Ciliarmuskels, bei welchem die Accommodation nicht bis zur E entspannt werden kann, obwohl das Sehen in die Ferne durch concave Gläser gebessert wird, mit Myopie zu verwechseln. Bei Besprechung der Accommodationsanomalien werde ich auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen; hier möge die Andeutung genügen, dass das plötzliche Auftreten dieser Störung, in Verbindung mit andern Erschei-

*) Von Graefe hat letzthin (s. Deutsche Klinik, 1863. p. 10) ein optisches Instrument angegeben, welches durch einen einfachen Mechanismus in seiner Wirkung so geändert werden kann, dass es Linsen von sehr verschiedenen Brennweiten vorstellt. Es kann vor dem Auge so eingestellt werden, dass die Ametropie genau corrigirt ist, und man erspart dadurch die lästige Bestimmung mittelst verschiedener Gläser. Von Graefe lobt das Instrument sehr. Beim Gebrauche desselben musste anfangs jedes Auge für sich untersucht werden. Jetzt ist aber das Instrument auch nach Art der Operngucker für zwei Augen eingerichtet, so dass beide Augen zugleich untersucht werden können. Der Einfluss auf die Grösse der Bilder gibt bei der Bestimmung des Refractionszustandes zu manchen Irrthümern Anlass. Doch eignet es sich, mit einem spaltförmigen drehbaren Diaphragma versehen, ausgezeichnet zur Bestimmung des Astigmatismus. (Vergl. Verschoor. Over Optometers en optometrie. Utrecht. 1865.)

nungen (besonders mit Myose), den Verdacht auf Vorhandensein eines Krampfes in uns rege machen muss, und dass wir uns durch Atropinparalyse darüber Gewissheit verschaffen können. Ferner werden wir sehen, dass mit den Störungen, welche durch hohe Grade von Myopie hervorgerufen werden, nicht selten ein gewisser Grad von Accommodationskrampf combinirt ist, und dass dadurch eine zu hohe Schätzung des Grades von Myopie veranlasst wird.

Andererseits wird die wirklich vorhandene Myopie nicht immer durch die gewöhnliche Untersuchung eruirt. Diess hängt von verschiedenen Ursachen ab. Zunächst muss hier die verminderte S erwähnt werden. Wenn, wie wir schon (p. 213) gesehen haben, manchmal, ohne dass H vorhanden ist, ein Convexglas für die Ferne gewählt wird, weil der Vortheil, den die Vergrösserung der Bilder mit sich bringt, den Nachtheil ihrer verminderten Schärfe aufwiegt, so wird, unter ähnlichen Verhältnissen, wenn zugleich Myopie vorhanden ist, ein Concavglas, welches den Umfang verkleinert und nur ein Geringes der Genauigkeit hinzufügt, zurückgewiesen werden. Auch bei den höchsten Graden der Myopie wird ein schwächeres Glas einem neutralisirenden vorgezogen werden, und oft ist das Sehen mit demselben auch besser; der Grund dafür liegt theilweise in der verminderten S, theilweise in dem Umstande, dass sich die Zerstreuungskreise im Verhältnisse zu der nach der ungenügenden Correctur noch zurückgebliebenen Myopie ausnehmend klein erweisen (vergl. das Sehen der Myopen). — Zweitens gehört zu den Ursachen eine enge Pupille. Je enger dieselbe ist, desto geringer ist die Störung, welche die Zerstreuungskreise bei unvollkommener Accommodation hervorrufen, und es erklärt sich dadurch, warum bei unvollständiger Atresia pupillae, bei sehr schmaler künstlicher Pupille, in beiden Fällen mit verminderter S, ja selbst bei seniler Pupillenenge, die Neutralisirung eines gewissen Grades von Myopie im Allgemeinen keinen Vortheil gewährt, und diese Myopie uns daher bei Versuchen mit Gläsern leichter entgehen kann. Wir müssen bei diesen Versuchen endlich besondere Aufmerksamkeit darauf lenken, dass die Augenlider nicht zusammengepresst werden, wie diess Myopen gerne thun, indem sie dadurch die Zerstreuungskreise verkleinern.

Neben der Untersuchung mit Gläsern hat man die mit dem Augenspiegel. Wir haben von derselben im Allgemeinen (pp. 89 etc.) schon gesprochen. Bei weiter Pupille kann der geübte Beobachter selbst hohe Grade von Myopie im aufrechten Bilde bestimmen; bei enger Pupille ist diess schwieriger, und man erreicht das Ziel besser durch die Untersuchung im umgekehrten Bilde. Doch lässt sich der Grad der Myopie daraus nicht genau ableiten. Die Untersuchung mit dem Augenspiegel leistet bei der Bestimmung des Grades der Myopie wesentliche Dienste: 1. Wenn das Auge erblindet, und die Natur des krankhaften Processes mit dem Baue des Auges in Verbindung zu stehen scheint. Schon Helmholtz*) bestimmte in einem solchen Falle die Myopie; mir kam es wiederholt vor, dass ich in Bezug auf das zweite Auge eine günstige Prognose stellen konnte, weil der Augenspiegel mich belehrt hatte, dass das verlorne Auge in hohem Grade myopisch war. 2. Wenn bei verminderter S zuerst mit dem Augenspiegel untersucht wird, wo er uns unmittelbar ziem-

*) Beschreibung eines Augenspiegels. Berlin, 1851, p. 38.

lich genaue Auskunft darüber gibt, ob und welche Ametropie vorhanden ist. Beim ersten Blick, den wir aus einer gewissen Entfernung in ein hochgradig myopisches Auge werfen, sehen wir das umgekehrte Bild vor uns stehen. 3. Wenn es sich darum handelt, den Grad der Myopie im indirecten Sehen zu bestimmen, oder etwa das Vorhandensein einer örtlich erhöhten Myopie, durch partiell vermehrte Ektasie der Sclera, wie sie z. B. bei Chorioidealstaphylomen und andern Bildungsanomalien fast regelmässig vorkommt, festzustellen. 4. Wenn Verdacht auf simulirte (bei Rekruten auf dem Assentplatze) oder verheimlichte (bei Leuten, die sich um eine Stelle bewerben) Myopie besteht. 5. Bei Kindern, von denen keine genauen Antworten zu erwarten sind. In all diesen Fällen lässt uns die Untersuchung des Refractionszustandes durch Brillen im Stich.

Der Grad der Myopie wird, wie wir schon (vergl. p. 80) gesehen haben, ausgedrückt durch

$$M = \frac{1}{R}.$$

R ist der Abstand des Fernpunktes r von dem etwa $^1/_4$″ hinter der Hornhaut gelegenen Knotenpunkte k des Auges. Die Lage von r wird gefunden, wenn man das die Myopie neutralisirende Glas bestimmt; er liegt in der durch die Brennweite des Glases angegebenen Entfernung vor diesem. Ist beispielsweise das neutralisirende Glas $= -\,^1/_{12}$, so liegt r 12″ vor dem Glase, und steht dieses $^1/_4$″ vor dem Auge, also $^1/_2$″ vor k, so liegt r $12\,^1/_2$″ von k entfernt, R ist folglich $= 12{\cdot}5$″ und $M = 1 : 12{\cdot}5$ (vergl. p. 29). Es ist nun einleuchtend, dass der Abstand x des Glases von k von geringerer Bedeutung ist, wenn das Glas schwach ist; es ist in der That ziemlich gleichgültig, ob ein Glas von $-\,^1/_{30}$ um einen halben Zoll mehr oder weniger vom Auge absteht; die Bestimmung des Grades der Myopie schwankt dann nur zwischen 1 : 30·5 und 1 : 31. Handelt es sich aber um starke Gläser, so gewinnt ein Unterschied von $^1/_2$″ schon eine grosse Bedeutung, da dann z. B. Gläser von $-\,^1/_2$ entweder eine Myopie von 1 : 2·5 oder von 1 : 3 angeben würden. Es kann daher einerseits in der oben schon angegebenen Weise bei starken Gläsern die Veränderung in der Deutlichkeit der Bilder bei Veränderungen des Abstandes x dazu benützt werden, rasch das neutralisirende Glas zu finden, andererseits muss bei der Bestimmung hoher Grade von Myopie der Abstand x genau in Rechnung gezogen werden. Damit aus den notirten Daten ersichtlich sei, dass auf diesen Abstand Acht gegeben wurde, pflege ich denselben, mit einem + Zeichen versehen, besonders hinzuzufügen und schreibe z. B. $M = \frac{1}{3+\frac{1}{2}}$, was andeutet, dass ein Glas von $-\,^1/_3$, in $^1/_2$″ Abstand von k, nöthig war, die Myopie zu neutralisiren.

Die stärksten Concavgläser, die sich in den Brillenkasten finden, sind solche von $-\,^1/_2$. Mit diesen können wir höchstens eine $M = 1 : 2\,^1/_3$ neutralisiren. Nun kommen aber nicht selten noch höhere Grade von Myopie zur Beobachtung, und um diese zu bestimmen, müssen wir Gläser von $-\,^1/_2$ in dem Brillengestell vor's Auge setzen und dann untersuchen, welches Glas noch vor dieselben gesetzt werden muss, um die Myopie zu neutralisiren. Sei diess zweite Glas $= -\,^1/_3$, so geben beide combinirt 1 : 1·2; bringen wir dabei noch den Abstand x des stärksten Glases von k in Rechnung, so ist, bei $x = \,^1/_2$″,

in unserm Falle $M = 1 : 1{\cdot}7$. Wird grosse Genauigkeit gewünscht, so muss bei der Rechnung auch der Abstand beider Gläser von einander berücksichtigt werden. In unserm Beispiele wäre dann $-\,{}^1/_3$, ${}^1/_1{}''$ vor $-\,{}^1/_2$ gestellt, nur als $1 : 3\,{}^1/_4$ in Rechnung zu bringen. Diess gäbe, mit ${}^1/_2$ combinirt, $1 : 1{\cdot}24$, und die Myopie wäre, bei $x = {}^1/_2{}''$, $1 : 1{\cdot}74$ statt $1 : 1{\cdot}7$.

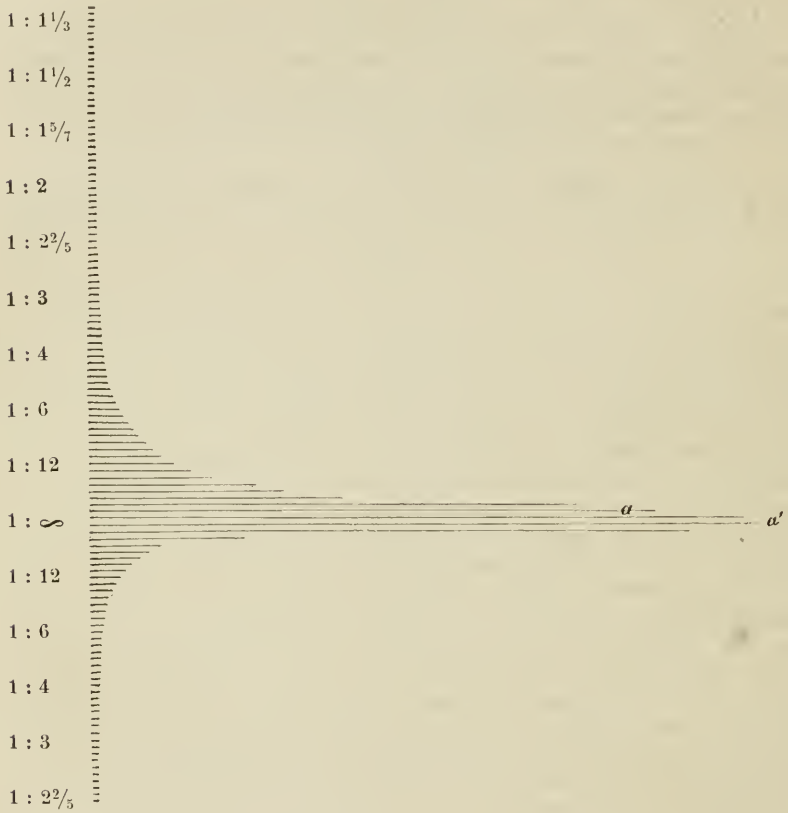
Myopie kommt in allen Abstufungen zwischen E und $M = \frac{1}{1{\cdot}3}$, und wahrscheinlich noch höher vor. Die höchsten Grade sind jedoch die seltensten. Von vielen Tausenden myopischer Patienten, die mich consultirt haben, ist der Grad ihrer Myopie verzeichnet worden. Die folgende Tabelle gibt eine Häufigkeitsscala der verschiedenen Grade, auf 1000 berechnet.

Grad der Myopie	Zahl der Fälle auf 1000
$16 : 24 = 1 : 1\,{}^1/_2$	3
$15 : 24 = 1 : 1\,{}^2/_3$	4
$14 : 24 = 1 : 1\,{}^5/_7$	3
$13 : 24 = 1 : 1\,{}^{11}/_{13}$	5
$12 : 24 = 1 : 2$	13
$11 : 24 = 1 : 2\,{}^2/_{11}$	16
$10 : 24 = 1 : 2\,{}^2/_5$	24
$9 : 24 = 1 : 2\,{}^2/_3$	47
$8 : 24 = 1 : 3$	49
$7 : 24 = 1 : 3\,{}^3/_7$	68
$6 : 24 = 1 : 4$	83
$5 : 24 = 1 : 4\,{}^4/_5$	110
$4 : 24 = 1 : 6$	149
$3 : 24 = 1 : 8$	171
$2 : 24 = 1 : 12$	169
$1 : 24 = 1 : 24$	85
$0 : 24 = 1 : \infty$	999

Von den höchsten Graden angefangen zeigt sich, dass mit jeder Verminderung der Myopie um ${}^1/_{24}$ die Anzahl der Fälle zunimmt. Dass diese Zunahme später geringer wird und zuletzt gar einer Abnahme Platz macht, erklärt sich daraus, dass gesunde Leute, die nur mit geringen Graden von Myopie behaftet sind, sich verhältnissmässig selten an den Augenarzt wenden. Doch habe ich versucht, mit Zuhülfenahme anderer Beobachtungen die Häufigkeit des Vorkommens von E im Vergleich zu den verschiedenen Graden von M und H unter der Bevölkerung der Niederlande überhaupt bildlich zu veranschaulichen (Fig. 126). An der Seite der Figur sind von $1 : \infty$ nach oben die verschiedenen Grade von M bis $M = 1 : 1{\cdot}3$, nach unten die Grade von H bis $H = 1 : 2\,{}^2/_5$, als die höchsten, von mir beobachteten Grade verzeichnet. Die Länge der horizontalen Linien entspricht der Häufigkeit des Vorkommens der daneben bezeichneten Grade, mit der Ausnahme jedoch, dass die Linien a und a' nächst $\frac{1}{\infty}$ zehnmal länger gedacht werden müssen. Da nun der jeweilige Abstand der Linien ${}^1/_{96}$ vorstellt, so bezeichnet das Zehnfache der Länge der ersten Linie oberhalb $1 : \infty$, nämlich die Linie a, die Anzahl der Fälle von E bis $M = {}^1/_{96}$; die (einfache) Länge der zweiten Linie die Anzahl der Fälle zwischen $M = {}^1/_{96}$ und $M = {}^1/_{48}$; die Länge der dritten Linie die von $M = {}^1/_{48}$ bis $M\ {}^1/_{32}$ etc. Die Häufigkeit der gleichen Grade von H ist durch die Linien unterhalb $1 : \infty$ (a' ebenfalls zehnfach genommen)

dargestellt. Aus der Figur ergibt sich nun, dass die leichtesten Grade bei Hypermetropie viel häufiger vorkommen, als bei Myopie, während bei den höheren Graden das Gegentheil stattfindet; $M = {}^1/_{24}$ ist bereits häufiger, als

Fig. 126.



$H = {}^1/_{24}$. Die höchsten Grade sind beiderseits so selten, dass sie nur mehr durch einen Punkt ausgedrückt werden konnten. Aus der Figur ergibt sich ferner, dass das emmetropische Auge das Normalauge ist. Wenn wir Myopie und Hypermetropie in ihren beinahe unmerkbaren Graden von ${}^1/_{96}$ zur Emmetropie rechnen, und die entsprechenden drei Linien addiren, so erhalten wir für Emmetropie die Länge von 1650^{mm}, während alle übrigen Linien, welche Myopie und Hypermetropie vorstellen, zusammen nur 350^{mm} betragen; und dieses Verhältniss geht in 200 : 1800 über, wenn wir noch die Fälle von Myopie und Hypermetropie $= {}^1/_{48}$ unter Emmetropie einreihen.

Die sociale Stellung hat auf das Vorkommen von Myopie einen grossen Einfluss. Es ist merkwürdig, wie sehr in meinen Protokollen über die (vermöglicheren) Privatkranken die Myopie, — in den Protokollen meiner Hospital-

kranken hingegen die Hypermetropie vorherrscht. Um genau zu sein, muss ich jedoch bemerken, dass bei den in guten Verhältnissen lebenden, nicht so sehr die Hypermetropie viel seltener, als die Myopie viel häufiger vorkommt. Dass ausserdem die Städtebewohner häufiger an Myopie leiden, als die ländliche Bevölkerung, ist eine allgemein beobachtete Thatsache. Schon vor fünfzig Jahren hat Ware[1]) die Aufmerksamkeit auf diese Thatsache gelenkt.

„Ich habe, zum Beispiele," sagt er, „bei den Aerzten der drei Regimenter Garden zu Fuss, welche aus nahezu 10.000 Mann bestehen, Erkundigungen eingezogen, und es ergab sich, dass bei der gemeinen Mannschaft die Myopie fast gänzlich unbekannt ist. Im Zeitraume von nahezu 20 Jahren wurden wegen dieses Fehlers kein halbes Dutzend der Mannschaft entlassen, und von den Rekruten kein ganzes Dutzend zurückgewiesen." In der Militärschule zu Chelsea war unter 1300 Knaben keine Klage laut geworden, nur drei von ihnen hatten geringe Beschwerden. Hingegen war in den Schulen von Oxford und Cambridge eine beträchtliche Anzahl Myopen zu finden; in einem Collegium zu Oxford 32 unter 127. Dasselbe finden wir bei allen Schriftstellern über diesen Gegenstand bestätigt[2]). Ich muss jedoch bemerken, dass ausnahmsweise auf dem Lande und in der niedersten Schichte der Bevölkerung in einzelnen Familien selbst die höchsten Grade von Myopie beobachtet werden, und füge noch hinzu, dass ich selbst bei Matrosen, welche ihre Augen nie zum Nahesehen anstrengen, einige Fälle progressiver Myopie gefunden habe.

Ferner glaube ich, dass Myopie nicht in allen Ländern gleichmässig vorkomme. Sie ist hauptsächlich kultivirten Nationen eigen. Furnari[3]) berichtet uns, dass es unter den Kabylen keine Myopen gebe, und ich habe in den von mir bereisten Staaten Europa's, sowohl im gewöhnlichen Verkehre, als auf den Kliniken, nirgends eine verhältnissmässig so grosse Zahl von Myopen gefunden, wie in Deutschland. Es wäre von grosser Wichtigkeit genaue statistische Daten über die zu einer gegebenen Zeit bei einer besondern Klasse von Menschen, z. B. von sämmtlichen Studenten einer Universität, vorkommenden Ametropie zu besitzen, um dieselben mit den Ergebnissen wiederholter Untersuchungen in spätern Zeiten vergleichen zu können. Wenn nun auf diese Weise gefunden würde,— und ich zweifle kaum, dass diess wirklich der Fall wäre—, dass die Myopie in den gebildeten Volksklassen progressiv ist, so wäre diess ein sehr bedenkliches Symptom, und man müsste ernstlich auf Mittel bedacht sein, diesem Vorwärtsschreiten Einhalt zu thun. Denn der Myope ist nicht nur nicht in der Lage seine bürgerlichen Pflichten vollständig zu erfüllen, er ist nicht nur in der Wahl seines Lebensberufes beschränkt, sondern er ist auch durch die höheren Grade seines Leidens Störungen des Sehvermögens ausgesetzt und mit unheilbarer Erblindung bedroht.

Das häufigere Vorkommen der Myopie in den gebildeten Ständen weist unmittelbar auf ihre Hauptursache, nämlich die Anstrengung des Auges für nahe Gegenstände hin. An dieser Thatsache selbst lässt sich nicht zweifeln,

---

[1]) Observations relative to near and distant sight of different persons. Read before the Royal Society 1812.

[2]) Vergl. Szokalski, Prager Vierteljahrsschrift, B. XVII; von Hasner, Klin. Vorträge über Augenheilkunde. Prag, 1860, I, p. 36.

[3]) Annales d'Oculistique, T. X, p. 145.

die Erklärung derselben liegt jedoch nicht so offen da. Bei der Accommodationsanstrengung für die Nähe wird, wie wir wissen, die Linse mehr convex; wenn nun die Myopie ebenfalls von einer grössern Convexität der Linse abhängen würde, so würde sie als die dauernde Folge eines häufig eingetretenen Zustandes angesehen und dadurch erklärt werden können. Die Myopie beruht aber auf einer Verlängerung der Sehachse und die letztere wird durch die Accommodation für die Nähe nicht geändert. Wie lässt sich nun das Auftreten dieser Verlängerung erklären? Drei Factoren können dabei in Betracht kommen. 1. Druck der Muskeln auf den Augapfel bei starker Convergenz der Sehachsen; 2. Vermehrung des intraoculären Druckes, bedingt durch Ueberhäufung des Auges mit Blut bei vorüber geneigter Haltung des Kopfes; 3. Congestionszustände im Augenhintergrunde, welche zur Erweichung der Gewebe führen und selbst bei normalem, aber mehr noch bei erhöhtem intraoculären Druck, Ausdehnung der Häute veranlassen. Dass die Ausdehnung bei vermehrtem Drucke hauptsächlich am hintern Pole auftritt, lässt sich dadurch erklären, dass diese Stelle einer Stütze durch die Augenmuskeln und ihre Scheiden entbehrt. Bei unvollständiger Elasticität der fibrösen Häute muss überdiess nach jeder an sich unmerkbaren Ausdehnung über die normalen Grenzen jedes Mal ein Minimum von Ausdehnung zurückbleiben. In Verbindung mit den eben erwähnten Ursachen gestaltet sich der Einfluss feiner Arbeiten, bei unvollkommener Beleuchtung, noch nachtheiliger; es tritt dadurch die Nothwendigkeit ein, die Arbeit noch näher an's Auge zu bringen und somit die Convergenz zu steigern, sowie auch die Neigung den Kopf nach vorwärts zu beugen, besonders beim Lesen und Schreiben grösser wird. Diesem ist auch zuzuschreiben, dass in Schulen, hauptsächlich in Pensionaten, in welchen die Zöglinge Abends bei schlechter Beleuchtung schlechten Druck lesen oder mit blasser Tinte schreiben, und auf die Haltung wenig geachtet wird, die Hauptgrundlage für die Myopie, welche sich gewöhnlich während dieser Jahre entwickelt, gelegt wird. Bei Uhrmachern hingegen, welche den ganzen Tag mit der Lupe am Auge arbeiten, bemerken wir keine Entwicklung von Myopie, weil sie ihre Arbeit nur mit einem Auge fixiren und daher weniger convergiren und vielleicht kaum accommodiren, weil sie gewöhnlich eine allzusehr vornüber geneigte Haltung vermeiden, und weil sie bei guter Beleuchtung arbeiten; besonders aber auch desshalb, weil sie diese Beschäftigung doch immer erst in den letzten Jahren der Kindheit, ums 15. Jahr herum oder noch später, beginnen.

Dieselben Ursachen, welche zur Myopie Veranlassung geben, begünstigen auch ihre weitere Entwicklung. Ich habe den Verlauf der Myopie immer mit grosser Sorgfalt verfolgt und lege dem eine besondere Wichtigkeit bei. Die bekannte Thatsache, dass Myopen bei schwacher Beleuchtung noch sehr kleine Gegenstände erkennen, und vorzüglich der Umstand, dass sie im höheren Alter keine Brillen für die Nähe benöthigen, hat fast allgemein dem Vorurtheile Eingang verschafft, kurzsichtige Augen für besonders kräftig zu halten. In diesem Vorurtheile sind selbst viele Aerzte befangen. Der Augenarzt jedoch, hat nur zu oft die traurige Gelegenheit sich vom Gegentheile zu überzeugen. Ich spreche es ohne Zaudern aus, dass ein myopisches Auge ein krankes Auge ist. Dabei besteht mehr, als eine einfache Refractionsanomalie. Der optische Charakter mag darin gelegen sein, der anatomische ist eine Ausdehnung des Auges mit Verlängerung der Sehachse, und diese hängt

von einer krankhaften Ausdehnung der Augenhäute ab. Hat diese Ausdehnung eine gewisse Höhe erreicht, so werden die Membranen so verdünnt, und ihr Widerstand so vermindert, dass die Ausdehnung nicht mehr stationär bleiben kann, und zwar um so weniger, als der intraoculäre Druck im myopischen Auge in der Regel etwas erhöht ist. Mit dieser progressiven Ausdehnung geht die progressive Myopie einher, und diese ist eine wahre Krankheit des Auges.

Aus dem bisher Gesagten ist leicht zu entnehmen, dass hohe Grade von Myopie viel weniger Aussicht darbieten, stationär zu bleiben, als leichte Grade; sie entwickeln sich sogar auch im vorgeschrittenen Lebensalter bei zunehmender Atrophie der Häute noch weiter. In der Jugend ist beinahe jede Myopie progressiv; ihre Zunahme ist dann oft mit Erscheinungen der Reizung verbunden. Dieses Alter ist die kritische Periode für das myopische Auge; nimmt während dieser die Myopie nicht sehr zu, so kann sie stationär werden, ja kann selbst im vorgerückteren Alter abnehmen; war sie aber einmal zu einem höhern Grade entwickelt, so wird es später schwer, dem Fortschreiten Grenzen zu setzen. Es müssen daher in dieser Periode die vorhin erwähnten schädlichen Einflüsse besonders ängstlich vermieden werden. Darauf kann ich gar nicht genug Gewicht legen. Jede progressive Myopie ist für die Zukunft bedenklich; denn wenn sie progressiv bleibt, so wird das Auge bald unter quälenden Symptomen weniger tüchtig, und das Sehvermögen geht nicht selten im Alter von 50 oder 60 Jahren, wenn nicht noch viel früher, entweder durch Netzhautablösung oder durch Blutung, oder endlich durch Atrophie und Degeneration in der Gegend des gelben Fleckes unwiderruflich verloren. In § 30 werde ich ausführlicher von diesen traurigen Folgen der Myopie sprechen.

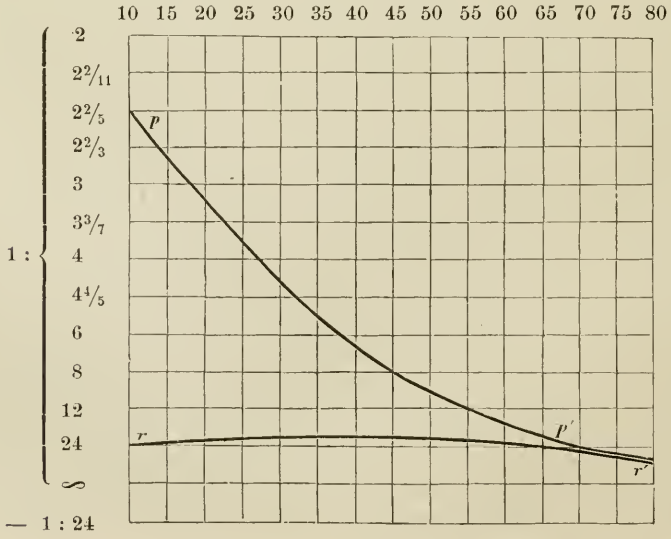
Die Anzahl der von mir aufs Genaueste untersuchten Myopen übersteigt die Zahl von 2500. Jederzeit wurde der Grad der Myopie genau bestimmt und angemerkt. Wenn derselbe Kranke mich nach Monaten oder Jahren abermals consultirte, so wurde die Bestimmung des Grades wiederholt. Auf diese Art kam ich zur Ueberzeugung, dass die Myopie fast immer in geringem Grade progressiv ist, dass diess zwischen dem 15. und 20. Jahre zur Regel gehört, und dass die höchsten Grade häufig die grösste Zunahme zeigen. Ich habe im Jünglings- und Mannesalter nie eine Abnahme der Myopie nachweisen können, ausgenommen in jenen seltenen Fällen, in welchen Krampf im Accommodationsapparate die Myopie zeitweilig gesteigert hatte, und wo daher nicht eine einfache Refractionsanomalie allein, sondern auch ein Accommodationsleiden vorhanden war. Selbst im vorgerückteren Lebensalter kommt nur selten eine Abnahme des Grades der Myopie vor. Es unterliegt zwar ohne Zweifel im myopischen Auge das dioptrische System denselben Veränderungen, wie im normalen (vergl. p. 173); aber wenn, wie diess bei kurzsichtigen Augen gewöhnlich der Fall ist, die Sehachse gleichzeitig an Länge zunimmt, so wird der Effect der senilen Veränderungen ganz oder doch theilweise aufgehoben, und so kann die Myopie selbst im vorgerückten Alter noch progressiv bleiben. — Alle diese Sätze sind das Ergebniss directer Erfahrung, welche sich jedoch in Bezug auf dieselben Individuen nur auf den Zeitraum einiger, weniger Jahre erstreckt. Um daher zu einer befriedigenden Vorstellung über den Verlauf der Myopie während des ganzen Lebens zu gelangen, muss von den mitgetheilten Erfahrungen einer grossen Anzahl von Kranken Gebrauch gemacht werden.

Ich habe diesen Mittheilungen in den Fällen eine besondere Wichtigkeit beigelegt, in welchen die Berichte durch das Vorzeigen früher gebrauchter, und für die Ferne genügender Brillen bestätigt wurden. Die nöthige Kritik wurde dabei nicht ausser Acht gelassen.

Nachdem auf diese Weise der gewöhnliche Gang des Fernpunkts, d. i. der Grad der Myopie während jeder Lebenszeit, sichergestellt war, fiel es nicht schwer den Gang des Nahpunktes damit zu verbinden, wie diess in den Figg. 127, 128 und 129 geschehen; denn hiezu war nur die Kenntniss der jedem Lebensalter zukommenden Accommodationsbreite erforderlich. Was letztere anbelangt, so kam ich zu dem Schlusse, dass sie bei Myopen sich ungefähr ebenso verhält, wie bei Emmetropen; nur in den sehr hohen Graden ist sie geringer, aber in solchen Fällen ist auch das ganze Auge, hauptsächlich in seinem vordern Abschnitte, der Ciliarmuskel mit einbegriffen, ausgedehnt, und diese Ausdehnung kann als genügende Ursache der geringeren Accommodationsbreite angesehen werden. Diese Beobachtungen sind in den Figg. 127, 128, 129, deren Bedeutung, nach dem, was über Fig. 105 gesagt wurde, keiner weiteren Erklärung bedarf, veranschaulicht. Sie stellen drei Kategorien von Myopie in ihrem am häufigsten vorkommenden Entwicklungsgange dar. Fig. 127 ist eine stationäre, Fig. 128 eine zeitlich progressive, Fig. 129 eine bleibend progressive Myopie. Den Verlauf der Myopie deutet die Linie rr' an, welche den Fernpunkt bei parallelen Sehlinien repräsentirt. Die jeder Lebenszeit eigene Accommodationsbreite ist durch die Entfernung der Linien rr' und pp' von einander gegeben. Ueber eine jede dieser Kategorien muss ich mir noch einige Bemerkungen erlauben.

Fig. 127 wurde stationäre Myopie genannt, und doch sieht man, wie die Myopie von $^1/_{24}$ bis auf $^1/_{16}$ steigt. Ich habe aber oben schon angegeben, dass ein derartiges Steigen in den Entwicklungsjahren ein normaler Vorgang

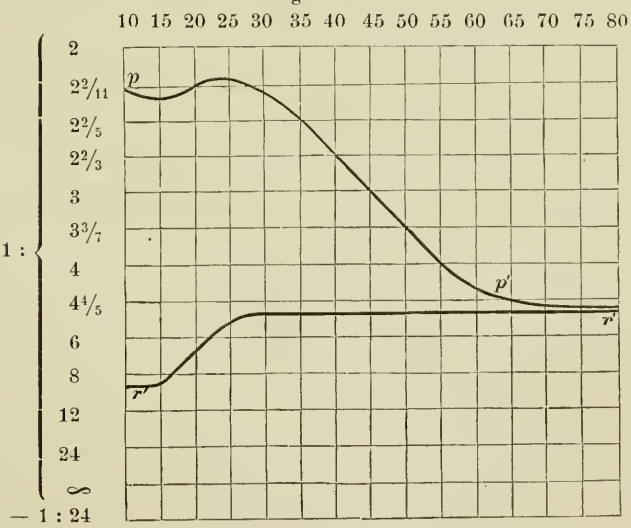
Fig. 127.



ist. Wenn mithin die Zunahme nicht bedeutender ist, so kann die Myopie, im Gegensatze zur progressiven, stationär heissen. Gewöhnlich gehören hierher die geringen Grade von Myopie. Darum wurde auch für Fig. 127 eine Myopie von nur $^1/_{24}$ gewählt. Doch kann auch ein ursprünglich hoher Grad von Myopie stationär bleiben, und auch der geringste Grad von Myopie kann bleibend progressiv werden und dadurch schliesslich einen sehr hohen Grad erreichen. Letzteres zu beobachten hat man namentlich dann Gelegenheit, wenn bei den Eltern oder anderen Verwandten ein hoher Grad von Myopie vorhanden ist, und gleichzeitig die Lebensweise, namentlich das Sitzen in vornübergebeugter Haltung und das starke Convergiren der Sehlinien, die weitere Entwicklung der Myopie befördern. Bei dem günstigsten Verlaufe der Myopie (Fig. 127) bleibt sie im Mannesalter ganz stationär; im späteren Alter kann sie sogar, wie die Figur angibt, etwas abnehmen. Regel ist diess aber nicht. Die allgemein verbreitete Meinung, dass die Myopie mit zunehmendem Alter abzunehmen pflege, ist ein Irrthum, welcher theils darauf beruht, dass man den Grad der Myopie durch den Nahpunkt bestimmen zu können glaubt, theils der richtig beobachteten Thatsache Entstehung verdankt, dass allmälig in grosser Entfernung deutlicher gesehen wird, was aber vielmehr durch die zunehmende Verengerung der Pupille bedingt wird.

Die zeitlich progressive Myopie findet man in Fig. 128 dargestellt.

Fig. 128.

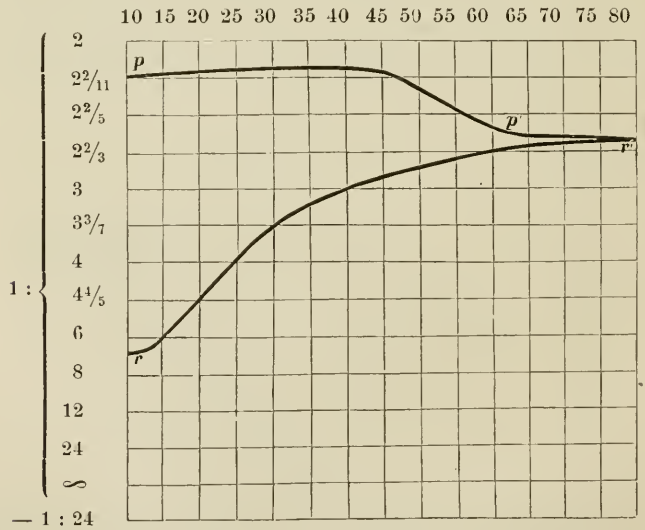


Die Progressivität fällt meistens zwischen das 12. und 25. Jahr, und es gehört zu den glücklichen Fällen, wenn die Myopie noch vor dem 30. Jahre stationär wird. In Fig. 128 steigt sie von dem 13. bis zu dem 35. Jahre von $^1/_8$ bis auf $^1/_5$; die Myopie steigt am schnellsten vom 18. bis zum 22. Jahre. Endlich bleibt sie stationär. Doch ist es als eine Ausnahme zu betrachten, wenn sie stationär bleibt, nachdem sie einmal diesen Grad erreicht hat. Hohe Grade von Myopie scheinen niemals angeboren zu sein, wenn man anders

nicht den angeborenen Buphthalmus hierher rechnen will. Ich wage sogar nicht zu entscheiden, ob die Myopie, im Falle sie hereditär ist, auch stets schon in einem gewissen Grade angeboren ist. Ich glaube es aber kaum. Ich habe zu oft hereditäre Myopie, welche im 12. und 13. Jahre in sehr geringem Grade, z. B. $^1/_{16}$, vorhanden war, einen sehr hohen Grad von $^1/_4$ oder $^1/_5$ erreichen sehen, um die Möglichkeit zu läugnen, dass sie in den ersten Lebensjahren fast ganz fehlte. Auf der andern Seite habe ich höchst selten nach dem 15. und nie nach dem 20. Jahre Myopie entstehen sehen in Augen, die bis dahin emmetropisch waren. Es gibt zwar viele Augenkranke, welche meinen, dass ihre Myopie erst in dem Alter angefangen, aber nur desswegen, weil der ursprünglich vorhandene geringe Grad übersehen wurde. In diesem ursprünglichen Grade, wie gering er auch sein möge, ist doch bereits der Keim gelegen. Die verschiedenartigen Klagen werden erst später gehört, wenn die Myopie progressiv wird. Sie ist am meisten progressiv, wenn sie, wie in Fig. 128 angenommen wurde, im 17. Jahre schon ziemlich bedeutend, z. B. $= {}^1/_8$ ist. Der Verlauf in Fig. 128 ist noch als ein relativ günstiger zu betrachten. Die Myopie bleibt im Mannesalter selten ganz stationär; noch seltener geschieht es, dass sie im hohen Alter abnimmt. Oefters ist sie wenigstens in geringem Maasse im Zunehmen begriffen und geht so in die bleibend progressive Myopie über, welche in Fig. 129 dargestellt ist.

In den meisten hierher gehörigen Fällen ist die Myopie im 15. Jahre schon sehr entwickelt. Darum wurde sie in dem in Fig. 129 dargestellten Falle

Fig. 129.



$= {}^1/_6$ angenommen. Sie steigt am meisten bis zum 25., auch wohl 35. Jahre, langsamer im höheren Alter, wie es scheint stetig, aber doch öfter mit stossweisen Intervallen. Die Linie rr' stellt diess übersichtlich dar. Die Myopie kann bis auf $^1/_2$ und sogar noch höher steigen. Dann ist aber auch das Schlimmste zu befürchten. Es ist eine Seltenheit, bei einer Myopie von 1 : $2^1/_2$

oder sogar von 1 : 3 im 60. Jahre noch ein gut brauchbares Auge anzutreffen. Dass solche Grade von Myopie im hohen Alter abnehmen, kann nicht erwartet werden; der Einfluss der zunehmenden Ausdehnung des Auges in der Richtung der Sehlinie wird durch die veränderte Refraction der Linse nie übertroffen, ja nicht einmal compensirt.

Aus dem Fortschreiten der Myopie folgt, dass die höheren Grade verhältnissmässig am häufigsten im vorgerückteren Lebensalter vorkommen. In wie weit ganz kleine Kinder von dem Leiden ergriffen sind, ist nicht viel untersucht worden. Ein Anfang ist in dieser Richtung von Eduard v. Jaeger gemacht worden, und er hat auch die Absicht ausgesprochen, den Verlauf des Refractionszustandes bei denselben Personen durch ihr ganzes Leben zu verfolgen. Wir wünschen ihm hiezu ein langes Leben und anhängliche Kranke. Er hätte jedoch nicht den Werth der von mir befolgten Methode übersehen sollen, um einiges Licht in diesen Gegenstand zu bringen.

Wenn nun die oben erwähnten Ursachen auch im Stande sind, die Entstehung von Myopie zu veranlassen und ihre Entwicklung zu befördern, so ist doch die Prädisposition dazu in verschiedenen Individuen sehr verschieden. Ich habe schon bemerkt, dass ich ein hypermetropisch gebautes Auge nie kurzsichtig werden sah. Selbst in vielen emmetropischen Augen hat die blosse Accommodationsanstrengung fürs Nahesehen nur geringen Einfluss. Die Prädisposition ist in der That fast immer angeboren und in diesem Falle überdiess beinahe immer ererbt. Beer, Jüngken, Böhm, v. Hasner und manche Andere haben die hereditäre Natur des Leidens betont; ich glaube selbst, dass seit undenklichen Zeiten im Volke die Ueberzeugung hievon eine allgemeine war. Wenigstens pflegen jetzt die Kranken gleich anzugeben, dass Vater oder Mutter kurzsichtig waren, und dass bei den Brüdern und Schwestern derselbe Zustand vorkomme. Ich kann das Verhältniss, in welchem hereditäre Fälle vorkommen, selbst nicht mit einiger Genauigkeit angeben, aber so viel kann ich sagen, dass, wo ich Kurzsichtigkeit bei einem oder bei mehreren Kindern fand und die Gelegenheit hatte, beide Eltern zu untersuchen, ich nur ausnahmsweise bei beiden Myopie völlig fehlen sah, während andererseits, sobald eins oder beide Eltern myopisch waren, die Prädisposition fast immer auf einige der Kinder, vielleicht besonders auf die jüngern (Hasner), überging. Die Erfahrung zeigt ferner, dass, wo in der Jugend auch nur eine Spur von Myopie besteht, dieselbe sich unausbleiblich weiter entwickelt, und dass die grösste Sorgfalt höchstens eine Beschränkung ihres Grades erzielt. Was die Angaben über Abnahme von Myopie in der Jugend betrifft, so fehlen sichere Bestimmungen über den Grad immer, und wir wissen, mit welcher Leichtfertigkeit man im Allgemeinen von Zu- und Abnahme der Myopie spricht. Berücksichtigen wir alle diese Thatsachen, so kommen wir zu dem Schluss, dass ursprünglich emmetropische Augen selten, ursprünglich hypermetropische vielleicht nie myopisch werden; dass aber die Myopie, wo sie einmal aufgetreten ist, häufig in Form von Prädisposition auf die Nachkommenschaft vererbt wird und sich bei frisch einwirkenden, erregenden Ursachen zu ihren höhern Graden entwickelt. In dieser Weise accumulirt das hereditäre Prinzip in der Nachkommenschaft den Effect der in jeder Generation wirksam gewesenen Ursachen. In manchen Familien hat daher die Myopie einen hohen Grad erreicht, und die Gefahr ist eine um so grössere, als sich erfahrungsgemäss

die hereditäre Tendenz um so sicherer kund gibt, je mehr Generationen die Myopie schon durchgemacht, und je mehr sie dabei schon einen typischen Charakter angenommen hat.

In doppelter Hinsicht wurde bei Myopie eine Unterscheidung gemacht, der ich nicht beistimmen kann. Es wurden sowohl in Bezug auf den Grad, als auf die congenitale oder nichtcongenitale Natur der Erkrankung zwei Abtheilungen gebildet. Was den Grad betrifft, so fand man, nachdem man sich eine Vorstellung über Myopie aus der Thatsache, dass bei derselben scharfes Sehen nur in grosser Nähe möglich sei, gebildet hatte, sich durch jene Fälle, bei welchen deutliches Sehen auf 2, 3 und 4 Fuss vorhanden und trotzdem Buchstaben von der Länge eines Zolles in einer Entfernung von 15 oder 20 Fuss nicht leicht erkannt werden konnten, in Verlegenheit gesetzt. Man erkannte nicht, dass man es in diesen Fällen mit leichten Graden von Myopie, mit Graden von $1/24$, $1/36$, $1/48$, zu thun hatte, wobei der Fernpunkt ungefähr 24, 36 oder 48 Zoll vom Auge lag. In einer Entfernung von 15 Fuss sind dann die Zerstreuungskreise schon ziemlich bedeutend, wenigstens wenn die Pupille einigermaassen weit ist.

Die durch eine unrichtige Auffassung dieser Fälle hervorgerufene Verwirrung ist unglaublich. Dr. Kerst fand bei manchen der jungen Männer, welche sich um eine Stelle als Eleve der militärärztlichen Schule zu Utrecht bewarben, dass sie gewöhnlichen Druck auf 15 bis 20 Zoll leicht und fertig lesen und trotzdem Buchstaben von 3 oder 4 Zoll Umfang in einer Entfernung von 12 bis 20 Fuss nicht mehr unterscheiden konnten. Er schrieb darüber an Cunier und schloss sein Schreiben mit der Frage, ob dieser Zustand nicht eine Art von Myopie sei, obwohl davon in den verschiedenen Werken über Augenkrankheiten unter dem Kapitel Myopie keine Erwähnung geschehe? Cunier theilte den Brief Sichel mit (Leçons cliniques sur les lunettes etc. Bruxelles, 1848, p. 99), und letzterer beantwortete Kerst's Frage ganz richtig in bejahendem Sinne. Trotzdem war es Sichel, wie aus seinem langen Raisonnement hervorgeht, nicht klar geworden, dass man es dabei ganz einfach mit solchen Graden der Myopie zu thun habe, bei welchen der Fernpunkt in 15 bis 20 Zoll liegt.

Einige Jahre später schreibt Fronmüller über diesen Gegenstand, als über „eine Abart der Kurzsichtigkeit", und gibt ihr den Namen „Myopia in distans." Sichel und Kerst, sagt er, haben zuerst die Aufmerksamkeit auf diese Anomalie gelenkt. Indessen beschreibt Fronmüller (Beobachtungen auf dem Gebiete der Augenheilkunde, Fürth, 1850, p. 54) als Beispiel für seine Myopia in distans einen Fall von Hypermetropie, — wie daraus hervorgeht, dass mit einem Convexglase deutlich und ohne Anstrengung in die Ferne gesehen wurde, während das Sehen mit einem Concavglase in jeder Entfernung undeutlich blieb. Fronmüller hat daher einen mässigen Grad von Hypermetropie, bei welchem (wie diess nicht ungewöhnlich ist) gewöhnlicher Druck in einer Entfernung von 10″ noch gelesen werden konnte, mit Fällen von leichter Myopie, auf welche Kerst die Aufmerksamkeit lenkte, verwechselt und ihr den Namen von Myopia in distans gegeben. Trotzdem wandte selbst Kerst später den Namen „Myopia in distans" auf leichte Fälle von Myopie an.

Endlich machte v. Graefe (Arch. für Ophth. II, 1, p. 158), welcher, wie er gesteht, damals nicht wusste, wo und von wem die Benennung Myopia in distans in die Wissenschaft eingeführt worden war, von diesem Namen einen rationellen Gebrauch, um diejenigen Fälle zu charakterisiren, in welchen die Unterscheidung fern gelegener Gegenstände im Verhältniss zu dem Grade der Myopie sehr fehlerhaft ist. Er untersuchte und analysirte einen Fall dieser Art mit grosser Genauigkeit. Daraus geht hervor, dass dieser Zustand von einer unwillkührlichen Action der Accommodationsmuskeln, welche auf krampfhafte Art bei jedem Versuche über den natürlichen Fernpunkt hinauszusehen eintrat, abhängen kann.

Solche Fälle kommen jedoch wohl nur höchst selten vor; ich habe unter mehr als zwei tausend Myopen nicht einen derartigen Fall gefunden. Es konnte jedesmal die im Verhältnisse zum Grade der Myopie zu grosse Undeutlichkeit ferner Objecte durch eine ungewöhnlich weite Pupille erklärt werden. Diese ver-

hindert nicht, dass in jener Distanz, für welche das Auge eingestellt ist, das Sehen vollkommen scharf ist, macht aber wegen der mit dem Durchmesser der Pupille zunehmenden Grösse der Zerstreuungskreise die Wahrnehmung jenseits der Grenze der Accommodation sehr unvollkommen. Darin liegt auch, wie wir gesehen haben, eine der Ursachen, warum Manche glauben, ihre Myopie habe mit der Zunahme der Jahre abgenommen, auch wenn es nicht der Fall ist; ihre Pupille ist enger geworden, und darum sehen sie besser in die Ferne. Wenn man die sogenannten Myopen in Distans durch eine 5mm grosse Oeffnung sehen lässt, so ist das Missverhältniss aufgehoben. Man muss sich daher hüten, jedes Missverhältniss zwischen dem Grade der Myopie und der Wahrnehmung in der Ferne durch einen Krampf des Accommodationsmuskels zu erklären. Fast jedesmal lässt sich die Grösse der Pupille dafür verantwortlich machen. Meiner Ansicht nach sollte man daher, den Ausdruck Myopia in distans, welcher schon so viel Confusion angerichtet hat, füglich ganz aus der Wissenschaft verbannen. Weder die leichten Grade von Myopie, welche ebenso gut wie die hohen durch die Formel $\frac{1}{R}$ ausgedrückt werden können, noch die Hypermetropie, welche geradezu ein Gegenfüssler der Myopie ist, verdienen so benannt zu werden, und die seltsame von v. Graefe beschriebene Krankheitsform mag als Krampf des Accommodationsmuskels beim Entspannungsversuche bezeichnet werden.

Was zweitens den Ursprung der Myopie betrifft, so habe ich die Ergebnisse meiner Erfahrung oben mitgetheilt. Sie zeigt, dass die Myopie fast immer erblich, und dann auch wenigstens in Form von Prädisposition angeboren sei; dass sie sich jedoch auch ohne ursprüngliche Anlage in Folge von übermässiger Accommodationsanstrengung im emmetropischen Auge entwickeln könne. Dieser Einfluss der ausserordentlichen Accommodation hat die Idee einer dauernden Formveränderung der Linse als Grund der Myopie rege gemacht. Vor achtzehn Jahren (Nederl. Lancet. 1845) argumentirte ich, wie folgt: „Myopie ist das Resultat der Accommodation für die Nähe; untersuche, was die Myopie permanent ist, und du wirst die Veränderung kennen, welche zu jeder Zeit die Accommodation hervorbringt.“ Meine Erwartungen wurden durch die Entdeckung, dass Myopie in einer Verlängerung der Sehachse begründet sei, und dass das Prinzip der Accommodation in der Zunahme der Convexität der Linse liege, getäuscht. Ich verlor jedoch nie die Möglichkeit aus den Augen, dass die Linse bei Myopie, besonders bei der erworbenen Form derselben, trotzdem convexer sei. Es wäre wahrlich nicht befremdend, wenn der Einfluss vermehrter Accommodation fürs Nahesehen, besonders zur Zeit der Entwicklung, andauernd auf die Form der Linse einwirken, und wenn vice versa Mangel der Accommodation zu einer ungewöhnlichen Abflachung derselben führen könnte (vergl. p. 207). Ich konnte mich jedoch davon durchaus nicht überzeugen. Ueberdiess liegt schon in der Thatsache, dass die Myopie fast ohne Ausnahme entweder schon ursprünglich mit einer eigenthümlichen Atrophie der Gewebe im hintern Theile des Bulbus in Verbindung steht, oder doch längstens vor dem vierzigsten Jahre mit ihr in Verbindung tritt, der Beweis, dass fast ausnahmslos in jedem Falle eine andre Ursache vorhanden ist. Diese Atrophie der hintern Bulbusgebilde steht nämlich im Zusammenhange mit einer Ausdehnung des rückwärtigen Theiles des Augapfels, welche die Atrophie begleitet oder ihr rasch folgt. Und in den seltenen Fällen, in welchen diese hintere Atrophie fehlt, habe ich durch directe ophthalmometrische Messungen meistens eine krankhaft ausgedehnte Hornhaut gefunden oder konnte das Vorhandensein einer krankhaften Ausdehnung der vordern Partie der Sclerotica mit Verlängerung der Sehachse feststellen, so dass endlich kein Fall übrig blieb, in welchem ich meine Zuflucht zu einer aussergewöhnlichen Krümmung der Linse nehmen musste (vergl. § 28).

Ueberdiess ist bei erwachsenen und selbst bei jungen Individuen, vorausgesetzt, dass sie vollkommen frei von Myopie sind, die einfache Accommodationsanstrengung nicht genügend, um Myopie zu erzeugen, und auch das Tragen von Concavgläsern gibt nicht zu ihrer Entstehung Anlass. Es wird nur schliesslich in der durch Concavgläser erzeugten künstlichen Hypermetropie, ebenso wie in der natürlichen, ein Theil dieser Hypermetropie latent, d. h. es gewöhnt sich das Auge daran, auch beim Sehen in die Ferne den Accommodationsmuskel anzuspannen: dass aber keine organische Veränderung der Linse eintritt, erhellt aus dem Umstande, dass die künstliche Lähmung des Ciliarmuskels durch Atropin auf der Stelle die

scheinbare Myopie wieder aufhebt. Die Verschiebung der relativen Accommodationsbreite beim Gebrauche von Gläsern, welche den Zusammenhang zwischen Convergenz und Accommodation modificiren, gibt zeitweilig zu Beschwerden Anlass. Diess gilt in gleicher Weise auch von positiven Gläsern. So fällt es mir selbst, wenn ich mit einer Lupe gearbeitet habe, wobei ich mich gewöhnt habe, ohne vollkommen parallele Sehlinien meine Accommodation so viel wie möglich zu entspannen, anfangs schwer wieder genügend für einen Convergenzgrad zu accommodiren, für den ich sonst keine Schwierigkeit habe, ohne dass jedoch die absoluten Punkte p und r irgendwie geändert wären. Dasselbe bemerkt man bald, wenn man, ein schwaches Prisma mit der Kante nach innen vors Auge haltend, in die Ferne zu sehen, und daher mit convergenten Sehlinien für die Ferne zu accommodiren versucht. Das Entgegengesetzte wird durch Concavgläser oder durch ein Prisma mit auswärts gewendeter brechender Kante erzielt. Es ist nun leicht einzusehen, dass wenigstens Prismen, welche die Accommodation durchaus nicht modificiren, keinen andauernden Einfluss auf die Linse üben werden; und der Effect von Convex- und Concavgläsern stimmt innerhalb gewisser Grenzen mit dem der Prismen vollkommen überein.

Alles Vorangegangene spricht sehr entschieden dagegen, dass die Linse bei der Entstehung der Myopie eine Rolle spiele. Aber auch davon ganz abgesehen, so erscheint es, so lange es durch directe Untersuchung nicht nachgewiesen ist, dass die Linse durch die Anstrengung zum Sehen in der Nähe permanent eine grössere Convexität erlange, als ein Verkennen der Anforderungen der Wissenschaft, eine Form von Myopie auf blosse Vermuthung hin aufzustellen, und dieselbe (v. Jaeger hat ihr sogar den besondern Namen Plesiopie beigelegt) als erworbene Myopie dem fast immer angeborenen myopischen Baue des Auges entgegenzusetzen. Ed. v. Jaeger (l. c. p. 28) sagt: „dass bei solchen Individuen, welche sich dauernd unter Accommodationsanstrengung beschäftigen, im Allgemeinen nicht weniger Augen mit normaler Achsenlänge vorkommen, als unter entgegengesetzten Verhältnissen, und dass in jener Schichte der Bevölkerung, welche im Durchschnitte nicht gewöhnt ist, ihre Augen durch Accommodationsanstrengung zu ermüden, mindestens ebenso viele, ja noch mehr Individuen vorkommen, welche in Folge von Achsenverlängerung der Bulbi (Staphyloma posticum) kurzsichtig sind, als in den übrigen Schichten der Bevölkerung.“ In Bezug auf die Niederlande kann ich dieser Behauptung ausdrücklich widersprechen und kann, bei aller Achtung vor dem Beobachtungseifer von v. Jaeger, nicht umhin ihre Richtigkeit selbst für Oesterreich zu bezweifeln.

§ 27. Ergebnisse der ophthalmoskopischen Untersuchung des myopischen Auges.

Seitdem der Augengrund durch das Ophthalmoskop der Untersuchung während des Lebens zugänglich gemacht wurde, ist in unserer Vorstellung über die anatomische Grundlage der Myopie eine vollständige Veränderung vor sich gegangen. Die ophthalmoskopische Untersuchung hat nachgewiesen, dass fast ausnahmslos in allen, selbst den mässigen Graden von Myopie, Veränderungen, namentlich in der Chorioidea, wahrgenommen werden; und es ist dann nachgewiesen worden, dass diese Veränderungen der Ausdruck einer Atrophie der Chorioidea seien, welche, mit Atrophie der Sclerotica gepaart, so wie diese letztere von einer Ausdehnung des hintern Bulbusabschnittes abhängt. Myopie und Staphyloma posticum wurden auf diese Art nahezu synonyme Ausdrücke.

Ich habe Tausende von myopischen Augen untersucht; von nicht weniger als 700 besitze ich mehr oder weniger detaillirte Zeichnungen oder Skizzen, von mehreren Augen mehr als eine im Verlaufe mehrerer Jahre aufgenommen, und bei jedem Falle wurden Geschlecht, Alter, Grad der Myopie,

und in vielen Fällen Accommodation, Augenbewegungen, Sehschärfe, hereditäre Verhältnisse und zufällige Störungen angemerkt. Diesen Beobachtungen nun, welche, in extenso mitgetheilt, einen ganzen Band füllen würden, sind die nachfolgende Schilderung, so wie die daraus gezogenen Schlüsse, zum grossen Theile entnommen; vieles davon ist jedoch schon in den Schriften früherer Beobachter enthalten. Die Hauptveränderungen sind: Atrophie der Chorioidea an der Aussenseite der Eintrittsstelle des Sehnerven, bei hochgradiger Entwicklung verbunden mit Formveränderung der Nervenoberfläche, einem gestreckten Verlaufe der Retinalgefässe, unvollständiger diffuser Atrophie der Chorioidea an andern Stellen, und krankhaften Veränderungen in der Gegend der Macula lutea. Ich beginne mit einer Beschreibung der Veränderungen im Allgemeinen und werde darauf ihre Entwicklung in Verbindung mit dem Grade der Myopie und dem Lebensalter schildern.

1. Atrophie der Chorioidea, besonders an der Aussenseite der Eintrittsstelle des Sehnerven. Die Oberfläche des Sehnerven eines normalen emmetropischen Auges stellt sich als eine nahezu runde, ziemlich stark lichtreflectirende, leicht geröthete Fläche dar, von welcher die Retinalgefässe ausgehen; oft ist auf derselben eine leichte Impression bemerkbar. Diese Fläche ist genau begrenzt durch den Beginn des Chorioidealpigments, an dessen Innenseite wir manchmal eine dünne, weisse, das Licht stark reflectirende Linie (die sogenannte Scleroticalgrenze Liebreich's) bemerken, auf welche dann die schwächere Nervengrenze folgt. Auf diesen Theil des Augengrundes pflegen wir zuerst unser Auge zu lenken. Wir erkennen an demselben auf den ersten Blick mit ziemlicher Sicherheit die Myopie (vergl. Fig. 130), ausgezeichnet durch eine halbmondförmige, das Licht stark reflectirende Figur (*C*), zwischen der Aussenseite des Nerven (*n*) und der Pigmentgrenze der Chorioidea. Diese Figur ist immer arm an Pigment. Ist sie noch schmal, so kann sie, bei normaler oder selbst vermehrter Anfüllung der Gefässe, noch verhältnissmässig roth sein. Die Farbe ist aber auch dann noch heller, als die des übrigen

Fig. 130.

Augengrundes, und nähert sich manchmal dem Orange; fast immer nimmt sie jedoch bald einen weisseren Ton an, auf welchem man anfangs die breiteren Chorioidealgefässe, die in horizontaler oder radiärer Richtung verlaufen, oft deutlicher, als in den reich pigmentirten benachbarten Theilen der Chorioidea, erkennt. Zwischen den gestreckten Gefässen ist das zurückgebliebene Stromapigment in Form länglicher, bräunlich grauer Flecken zu erkennen. Die Chorio-capillaris scheint an dieser Stelle nun kein Blut mehr zu führen. Endlich können alle blutführenden Gefässe in der atrophirten Stelle verschwinden; dieselbe wird dann grau und marmorirt, und endlich ganz weiss, und reflectirt viel mehr Licht, als die Oberfläche des Nerven selbst, obgleich auch letztere an Weisse zugenommen hat. Doch bleiben jetzt noch bisweilen einzelne dunklere Pigmentflecke (Pigmentepithel) sowohl in der atrophischen Stelle, besonders nahe an ihrem Rande, als auf dem benachbarten rothen Gewebe zurück.

Die atrophirte Stelle geht manchmal ohne scharfe Grenzen in diffuse Atrophie und durch diese in normales Gewebe über; im Allgemeinen ist sie aber durch eine scharfe, ziemlich regelmässig gekrümmte Linie begrenzt (umschriebene Atrophie). Diese Linie zeichnet sich, hie und da wenigstens, durch Reichthum an dunkelm Pigmente, wie solches an den Grenzen von krankhaften Veränderungen der Chorioidea, so wie an ihren natürlichen Grenzen gewöhnlich vorkommt, aus. Nicht selten befindet sich in einiger Entfernung eine zweite dunkle Linie, parallel der Grenze, zugleich mit vermehrter Vascularisation des angrenzenden Chorioidealgewebes, oder es werden in der atrophischen Partie Spuren einer innern concentrischen Pigmentlinie sichtbar.

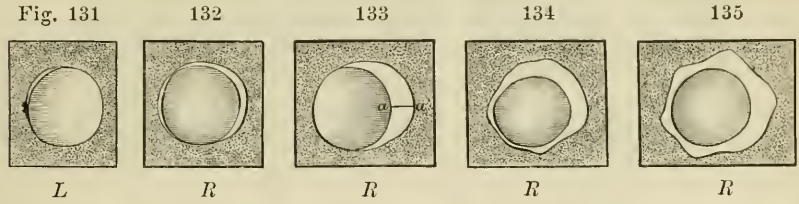
Die Gestalt*) der umschriebenen Atrophie ist fast immer die eines Halb-

*) Ich füge einige Skizzen zur Bestimmung der Gestalt der atrophischen Stelle bei. Die Figuren sind wirklich beobachteten Fällen entnommen:

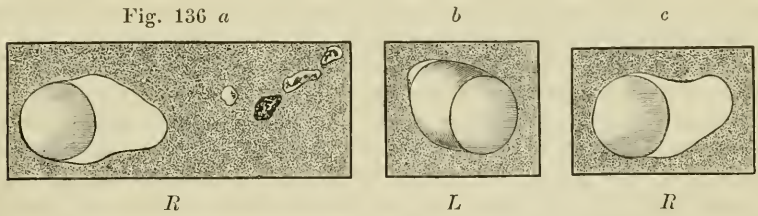
Figur	Geschlecht	Alter	Auge	Grad der Myopie
130	W.	12	Linkes	1 : 7
131	W.	32	Rechtes	1 : 12
132	M.	42	R.	1 : 6
133	M.	51	R.	1 : 9·6
134	M.	24	R.	1 : 4·75
135 *a*	W.	37	R.	1 : 2·5
b	W.	16	L.	1 : 3·8
c	M.	25	R.	1 : 2·7
136 *a*	M.	32	R.	1 : 2·14
b	M.	57	R.	1 : 4
137	M.	20	R.	1 : 3·5
138	M.	66	R.	1 : 3·1
139	W.	46	R.	1 : 2·3
140	W.	66	L.	1 : 3
141	M.	13	R.	1 : 5·6
142	M.	54	R.	1 : 7
143	W.	22	L.	1 : 3

Ausgezeichnete Abbildungen des myopischen Augengrundes wurden von Mehreren gegeben, unter andern von Eduard v. Jaeger (Beiträge zur Pathologie des Auges. Wien, 1855. Taf. 17 und 18 und Ueber die Einstellungen des dioptr. Appar. Wien, 1861. Taf. 17), und von Liebreich (Atlas der Ophthalmoskopie. Berlin und Paris, 1863. Taf. III).

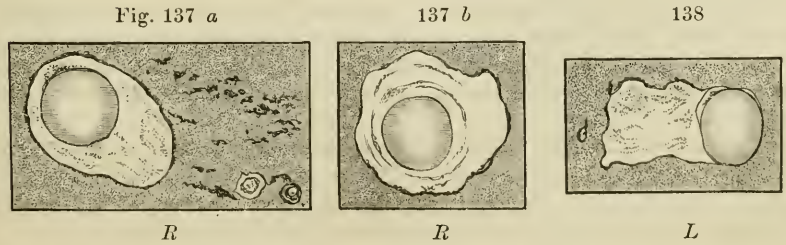
mondes (Sichel), dessen concave Seite die Aussenseite der Nervenscheibe umfasst (halbmondförmige Atrophie). Während sie bei geringen Graden kaum erkannt werden kann, ja sich manchmal nur local durch einen vorspringenden schwarzen Punkt kennzeichnet (Fig. 131), dehnt sie sich gewöhnlich um so weiter um die Nervenscheibe aus, je breiter sie ist, d. h. je länger die Achse ($a\,a'$ Fig. 133) des Halbmondes ist (vergl. Fig. 131 mit Fig. 133). Bei weiterer



Entwicklung der Atrophie nimmt sie sehr verschiedene Gestalten an. Wird die Achse länger, ohne entsprechende Ausdehnung um die Papille, so geht die Halbmondform in die halb-elliptische über, von welcher wieder verschiedene Modificationen vorkommen (Fig. 136 *a*, *b*, *c*). Umfasst hingegen die Atrophie die Nervenscheibe in grösserem Umfange, ohne entsprechende Verlängerung der Achse, so entsteht die halbringförmige (Fig. 134) und weiterhin die ringförmige Form (Fig. 135), welche bei grösserer Ausdehnung den Namen der elliptischen (Fig. 137 *a*) oder der kreisförmigen (Fig. 137 *b*) verdient. In allen diesen Fällen ist der Ring fast constant an der Aussenseite breiter, als an der

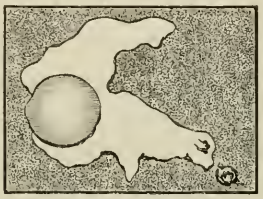


Innenseite, woselbst er sogar meistens schmäler, als nach oben und unten ist.



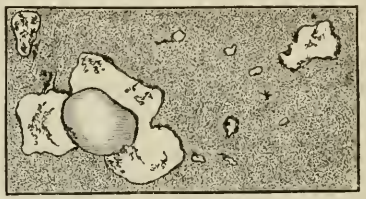
Endlich kann die Atrophie ganz unregelmässig begrenzt sein, z. B. eine winklig gebogene Form haben (Fig. 138), Verzweigungen zeigen (Fig. 139), manchmal in Form eines Kleeblattes (Fig. 140), oder sie kann selbst ganz abgesonderte atrophische Flecken in ihrer Nachbarschaft haben (Fig. 141). So

Fig. 139



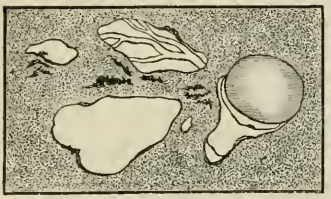
R

140



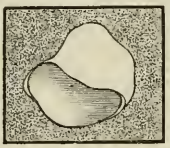
R

Fig. 141



L

142



R

143

L

144

L

kann die Atrophie die bedeutende Ausdehnung von 3^{mm} oder selbst 6^{mm} und mehr in verschiedenen Durchmessern erreichen, in welchen Fällen auch noch andere Theile der Chorioidea in krankhafter Weise afficirt sind.

Im emmetropischen Auge liegt die Macula lutea an der Aussenseite des Sehnerven von der Mitte der Papille ungefähr 4^{mm} entfernt, fast immer jedoch etwas tiefer. Die Achse des Halbmondes hat eine ähnliche, aber gewöhnlich noch mehr absteigende Richtung und ist daher gegen die Macula lutea gewendet (die Figg. 130 bis 141 sind sämmtlich im umgekehrten Bilde gezeichnet). Aeusserst selten jedoch, selbst bei der grössten Entwicklung der Atrophie, erreicht dieselbe direct den gelben Fleck, da dieser immer weiter und weiter von der Papille zurückweicht. Jedoch ist es, wie wir sehen werden, sehr gewöhnlich, dass der gelbe Fleck bei hochgradiger Atrophie unabhängig von derselben erkrankt. Abweichungen von der angegebenen Richtung sind aber im Ganzen genommen nicht selten; die Achse kann um vieles senkrechter abfallen (Fig. 142), oder selbst vollkommen nach abwärts gerichtet sein (Fig. 143); sie kann horizontal gestellt sein, oder selbst beträchtlich nach aufwärts steigen (Fig. 144); niemals findet man sie aber vollkommen nach oben gerichtet.

In seltenen Fällen ist die atrophische Stelle vorzugsweise stark excavirt, was an ihrem äussern Rande durch eine gewisse Krümmung der Gefässe erkannt werden kann; im Allgemeinen setzt sich jedoch die Krümmung ziemlich gleichmässig in die des nicht atrophischen Theiles fort.

2. Die Papille erfährt bei hochgradiger Myopie eine zum Theil scheinbare, zum Theil wirkliche Aenderung der Gestalt. Was die scheinbare Aenderung betrifft, so erscheint der horizontale Durchmesser derselben oft verhältnissmässig kleiner. Der Grund dafür ist einleuchtend: im emmetropischen Auge liegt die Pupille nur sehr wenig nach einwärts von der Hornhautachse, und wir sehen daher durch die Papille nahezu in grader Richtung auf sie; im stark ausgedehnten, myopischen Auge hingegen (vergl. Fig. 55), in welchem die Papille mehr nach innen verschoben ist, ist die Senkrechte auf ihre Ebene stärker nach aussen geneigt, und diess zwingt uns durch die Pupille in schiefer Richtung auf die Nervenscheibe zu sehen. Sie erscheint uns dann in horizontaler Richtung verkürzt (Arlt). Aber neben dieser scheinbaren kommt auch eine wirkliche Formveränderung zu Stande, welche wohl Jeder gesehen, aber auf welche, wenn ich nicht irre, Liebreich*) zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt hat. Die Papille hat bei ausgedehnter Atrophie den grössten Durchmesser gewöhnlich in der auf die Achse der atrophischen Stelle senkrechten Richtung. Von Jaeger erklärt diess ebenfalls zum grössten Theile als scheinbare Verkürzung; das Factum an sich ist jedoch richtig (vergl. die obigen Figuren). Zu diesen Veränderungen treten noch andere. Bei jungen Personen ist die Papille auffallend geröthet (capilläre Hyperaemie), sonst aber nicht verändert; bei hohen Graden ist sie dagegen später fast immer ganz oder theilweise stark Licht reflectirend, nicht selten partiell excavirt, wobei die Lamina cribrosa, welche hier oberflächlicher liegt, deutlicher gesehen wird; mitunter ist sie auch in ihrer ganzen Ausdehnung leicht excavirt, augenscheinlich atrophisch, und mitunter geht sie ohne scharfe Grenzen in die stark Licht reflectirende atrophische Stelle über. Ich habe Fälle gesehen, in welchen Retinalgefässe aus der atrophischen Stelle auszutreten schienen, und die ich desshalb fast geneigt war, für einen Theil der Papille selbst zu halten. — Die wirklichen Dimensionen der Papille zu beurtheilen ist sehr schwer, da der myopische Bau einen sehr complicirten Einfluss auf die Grösse des umgekehrten Bildes ausübt. In der Anmerkung zu diesem Paragraphen sind darüber noch einige weitere Bemerkungen zu finden.

3. Die Netzhautgefässe, welche sich auf der atrophischen Stelle mit unvergleichlicher Klarheit zeigen, sind bei hohen Graden von Atrophie durch ihren geraden, wenig gewundenen Verlauf ausgezeichnet; diess gilt besonders von den sehr stark atrophischen Stellen. Der gestreckte Verlauf ist augenscheinlich das Ergebniss der Ausdehnung, welcher auch die Netzhaut ausgesetzt war. Im Caliber der Gefässe zeigt sich selten eine grössere Veränderung.

4. Jenseits der stark Licht reflectirenden und vollkommen atrophischen Sichel finden wir bei höhern Graden von Myopie noch Anzeichen von Ausdehnung und Verdünnung der Chorioidea, beides erkenntlich durch den grössern Reflex und durch den gestreckten Verlauf der auch weiter von einander abstehenden Gefässe. Nicht selten ist auch das Stromapigment, welches die intervasculären Räume ausfüllt, an diesen Stellen augenscheinlich vermindert, und das sogenannte Pigmentepithelium ungleichförmig vertheilt. In den Zwischenräumen ist dann die Oberfläche manchmal mit gelben oder

*) Arch. f. Ophth. VII, 2, p. 124. — Atlas der Ophthalm. Berlin, 1863, p. 6.

weissen Punkten versehen und reflectirt viel Licht. Diese diffuse Atrophie findet sich wohl auch nach innen von der Papille, hauptsächlich jedoch an der Aussenseite, wo sie dann mit der weniger scharf contourirten, vollständig atrophirten Stelle in Verbindung steht. Die Gegend des gelben Fleckes ist dann auch oft atrophisch verändert.

5. Umschriebene Veränderungen des gelben Fleckes und der Fovea centralis. Diese beeinflussen das directe Sehen und verdienen daher unsre volle Aufmerksamkeit. Wir dürfen es desshalb bei hohen Graden von Myopie nie unterlassen, nach der Betrachtung des Sehnerven und der ihn umgebenden Theile auch die Macula lutea zu untersuchen. Die Veränderungen daselbst stehen entweder im Zusammenhange mit der weitern Entwicklung der Atrophie an der Aussenseite der Papille, oder sind von derselben unabhängig. Sie erscheinen als schütteres, ungleichmässig körniges Pigment, welches bald auf einem oder mehreren ovalen oder eckigen, hellrothen, von diffusem Pigment umgebenen Flecken liegt, bald nicht, oder sie treten als etwas grössere dunkle Pigmenthaufen auf, welche auf weissem Grund lagern oder mit weissen Flecken alterniren, oder sie erscheinen endlich in der Form eines einzigen, scharf umschriebenen, manchmal bläulichen und erhabenen Fleckes, welcher selbst die Grösse der Papille erreicht; diese letzte Form steht wahrscheinlich mit Blutextravasaten in Verbindung, welche ich einige Male auf einen Theil des gelben Fleckes beschränkt gesehen habe.

6. Die übrigen Veränderungen des Augengrundes, welche, ohne zur Wesenheit der Myopie zu gehören, in höheren Graden von Myopie häufiger vorkommen, sind Chorioiditis disseminata, erkennbar an den weissen und gelben Flecken von verschiedenem Umfange mit hie und da zerstreuten unregelmässigen Pigmentanhäufungen; ferner Flecken von extravasirtem Blute in der Retina, bald nur ein grösserer, bald zahlreiche kleinere, welche endlich in Pigmentflecken metamorphosiren, — auch Ablösungen der Netzhaut durch Blut und noch häufiger durch Exsudate. Manchmal erstreckt sich eine bewegliche, graue, schmale, aber ziemlich lange Flocke von der Papille, an welche sie adhärirt, in den Glaskörper hinein. Endlich sehen wir im hochgradig myopischen Auge eine besondere Form des Glaukoms mit den ihm eigenthümlichen Veränderungen entstehen.

7. In dem flüssigeren Glaskörper finden sich bei hohen Graden von Myopie bewegliche Flocken als gewöhnliche Erscheinung. Sie hängen zum Theile mit den sub 6. beschriebenen Veränderungen zusammen.

8. Bei hohen Graden von Myopie sehen wir häufiger als gewöhnlich beginnende Linsentrübung. — Ist Ablösung der Netzhaut, mit oder ohne secundäre Iritis, zugegen, so entwickelt sich eine Linsentrübung selbst in der Jugend oft sehr rasch.

Von den eben beschriebenen Veränderungen ist die atrophische Sichel an der Aussenseite der Papille die gewöhnlichste und am meisten charakteristische. Dieselbe ist bei gleichem Lebensalter im Allgemeinen um so stärker ausgebildet, je höher der Grad der Myopie, und bei gleichen Graden von Myopie um so grösser, je vorgerückter das betreffende Individuum im Alter ist. Die beigefügte Tabelle zeigt die Achsenlänge der Sichel (Fig. 132 *a*, *b*) im Verhältnisse zum Alter und zum Grade der Myopie, wie sie sich aus Beobachtungen von 1400 Augen ergab.

Länge der Achse[1]) der atropischen Sichel in Millimetern bei					
Alter in Jahren von	$M = \frac{1}{\infty}$ bis $1/12$	$M = 1/12$ bis $1/6$	$M = 1/6$ bis $1/4$	$M = 1/4$ bis $1/3$	$M = 1/3$ bis $1/2$
10 bis 30	0·1987mm	0·4255	0·5563	0·7431	1·25
30 bis 50	0·2975	0·7035	0·9679	1·356	1·68
50 bis 80	0·7059	1·046	1·183	1·795	2·127

Die Tabelle zeigt den Einfluss, den sowohl das Alter, als der Grad der Myopie auf die Ausdehnung der sichelförmigen Figur nimmt, sehr deutlich. Dasselbe regelmässige Verhalten ist selbst dann noch erkennbar, wenn man in einer bestimmten Anzahl von Fällen bei geringeren Unterschieden im Alter und im Grade der Myopie das Mittel nimmt. Doch weichen die Einzelbeobachtungen sehr von einander ab, so dass bei ziemlich hohen Graden von Myopie als Minimum nur Spuren eines Halbmondes vorkommen, und als Maximum die Länge von 6mm und mehr erscheint. Die Zunahme der Atrophie mit dem Alter erscheint über jeden Zweifel erhaben zu sein. Berücksichtigen wir, dass auch der Grad der Myopie, wenigstens in den meisten Fällen längere Zeit hindurch wächst, so können wir sogar annehmen, dass der Halbmond mit dem Alter viel rascher zunimmt, als die derselben Columne zugehörigen Zahlen anzeigen. Wir nähern uns wahrscheinlich der Wahrheit, wenn wir in diagonaler Richtung ablesen, und somit annehmen, dass die Achse der atrophirten Stelle, falls sie zu zwanzig Jahren 0·1987mm beträgt, zu vierzig Jahren auf 0·7035, zu 65 Jahren auf 1·83 steigen wird.

Nach der einfachen Aufzählung der Thatsachen will ich nun versuchen, eine Skizze der Entwicklung der Atrophie und der sie begleitenden Erscheinungen zu geben, wie sie uns der Augenspiegel im myopischen Auge enthüllt.

Bei sehr jungen Individuen und bei mässiger Myopie kommt sehr selten Atrophie zur Beobachtung. Hasner[2]) berichtet jedoch dieselbe im 4. oder 5. Lebensjahre ansehnlich entwickelt gesehen zu haben, und Ed. v. Jaeger ist durch Untersuchungen an Schulkindern sogar zu dem Schlusse gelangt, dass eine gewisse Form von Atrophie, welche ihn sogar mitunter Kinder als Geschwister erkennen liess, und welche in beiden Augen verschieden war, hereditär sein könne. Er sah die Neigung zu derselben Form der Atrophie selbst bei Säuglingen und bei Neugebornen myopischer Mütter. Ich selbst habe auch, ohne besondere Aufmerksamkeit in dieser Richtung zu verwenden, manche Fälle entschieden entwickelter Atrophie bei Kindern von fünf und sieben Jahren gesehen, obwohl bei gewöhnlicher Myopie nur selten die Hülfe

---

[1]) Die Länge der Achse des Halbmonds wurde durch Messungen an den von 700 Fällen genommenen Skizzen bestimmt. Für die wirkliche Grösse wurde die Papille als Maassstab benützt, und ihr Durchmesser = 1·9mm angenommen. Bei der ringförmigen und der kreisförmigen Atrophie habe ich die Ausdehnung zu beiden Seiten der Pupille als Achse gerechnet. Unvollständige und nicht umschriebene Formen von Atrophie sind von der Tabelle ausgeschlossen worden.

[2]) Klinische Vorträge über Augenheilkunde. Prag 1860.

eines Augenarztes in so frühem Alter in Anspruch genommen wird. Regel ist es jedoch, dass selbst bei Solchen, die in späterer Zeit einen hohen Grad von Myopie erwarten lassen, in der Jugend höchstens nur schwache Spuren von Atrophie sichtbar sind. Zuerst erscheint entweder ein unregelmässiger schmaler Streifen, reich an Pigment (vergl. Fig. 129), an der Aussenseite der Papille, oder ein kleiner, durch sein lichteres Roth vom übrigen Augengrunde unterscheidbarer Halbmond (Sichel), dessen Grenze nach aussen etwas dunkler ist, als die angrenzende Partie der Chorioidea. Im ersteren Falle beginnt die Atrophie direct vom Rande der Papille, während das Pigment, so zu sagen, sich nach auswärts schiebt, und eine weisse, das Licht stark reflectirende Linie, welche bald die Halbmondform annimmt, längs der Papille erscheint. Im zweiten Falle ist die Atrophie so zu sagen direct begrenzt und zwar augenscheinlich durch Verminderung des Pigmentes, und ihre weitere Entwicklung besteht eher darin, dass sie vollkommener wird, als dass sie an Ausdehnung zunimmt. Oefter sehen wir indess jetzt eine zweite convexe Pigmentlinie nach aussen vom ursprünglichen Halbmond auftreten. Während die Myopie im Jünglingsalter sich schrittweise mehr und mehr entwickelt, zeigen sich nicht selten lästige Symptome der Reizung, und man findet bei der ophthalmoskopischen Untersuchung dann die äusserste Grenze der Atrophie ebenso, wie die Papille selbst, in einem Zustande der Congestion. In jenen Fällen von Myopie, welche nur einen geringen Grad zu erreichen versprechen, sind in der Jugend auch nur die ersten Spuren von Atrophie vorhanden, und wo diess der Fall ist, ist eine starke Entwicklung derselben nur durch einen ungeeigneten Gebrauch der Augen zu befürchten. Wo aber vom 16. bis zum 20. Jahre eine Myopie von $^1/_6$ oder $^1/_5$ besteht, finden wir fast ohne Ausnahme eine sehr ausgesprochene, scharf begrenzte, fast vollständige Atrophie in der Form des Halbmondes, und es hat mitunter den Anschein, dass eben dieser Theil um vieles concaver ist, als der übrige Theil des Fundus oculi. Das Pigmentepithel ist an dieser Stelle verschwunden, die Choriocapillaris scheint nicht mehr vorhanden zu sein, die grösseren Chorioidealgefässe sind schmal, ausgedehnt, manchmal ganz verschwunden, während nur mehr braungraue Flecken noch die Intervascularräume bezeichnen.

Durch Combination zahlreicher Beobachtungen können wir uns die Art und Weise der Entwicklung der atrophirten Stelle recht gut ableiten; ich selbst war ausserdem noch in der glücklichen Lage, manche Augen in aufeinanderfolgenden Jahren wiederholt untersuchen zu können, und diess lehrte mich, dass die Atrophie sich manchmal in Intervallen rascher entwickelt, aber dass sie sich sehr selten durch längere Zeit, z. B. ein oder zwei Jahre lang, unverändert erhält. Besonders in der Jugend, wo das angrenzende Chorioidealgewebe besonders blutreich ist und jede lange fortgesetzte Anstrengung der Augen Beschwerden nach sich zieht, schreitet die Entwicklung der Atrophie stetig vorwärts. Dem Anscheine nach wird dabei die Pigmentgrenze nach auswärts verschoben. Diess ist, in so fern die Membranen an der Aussenseite der Papille gedehnt werden, auch wirklich der Fall. Aber zur vollständigen Erklärung des Processes müssen wir noch annehmen, dass an jener Stelle, wo an der innern Grenze der Hyperaemie die Atrophie in Folge der Ausdehnung beginnt, das Pigment resorbirt wird, während es sich gleichzeitig an der nach aussen sich ausbreitenden Linie der Hyperaemie in stärkerem Maasse

bildet. Im Allgemeinen ist die vermehrte Bildung von Pigment einer Hyperaemie der Chorioidea zuzuschreiben.*) Wenn nun von der einen Seite, vielleicht durch eine raschere Entwicklung der Atrophie, die Resorption des Pigmentes unvollständig ist, und in Folge dessen schwarze Flecken in dem atrophischen Theile zurückbleiben, so dehnt sich andererseits die Hyperaemie an einzelnen Stellen mehr nach auswärts aus und gibt daselbst zu Pigmentwucherung Veranlassung. Es scheint auf diese Weise auch das Vorhandensein von Pigmentflecken an beiden Grenzen der Atrophie erklärt werden zu können. Die Annahme einer wirklichen Ortsveränderung des Pigments (Pigmentverschiebung) über die Ebene der Chorioidea, wie es bei exsudativer Chorioiditis vorkommt, erscheint mir hier nicht zulässig. — Die Richtung, in welcher die Atrophie sich anfangs ausbreitet, ist gleichzeitig für die zu erwartende Gestalt derselben entscheidend. Diess folgt aus dem bisher Gesagten von selbst. Hier möge nur bemerkt werden, dass bei leichten Graden die Gestalt nie ringförmig ist, und dass die Ring- und Kreisform dann zu erwarten ist, wenn der Halbmond sich rasch weit längs der Peripherie der Papille ausdehnt, besonders aber dann, wenn sich an der entgegengesetzten, innern Seite der Papille frühzeitig ein zweiter kleinerer Halbmond bildet.

Die atrophische Stelle bleibt lange Zeit von regelmässiger Gestalt, und ausser ihr ist im Augengrunde kaum irgend eine Veränderung bemerkbar; höchstens sieht man, wenn ein stark entwickeltes Pigmentepithel es nicht hindert, dass die Chorioidealgefässe mehr von einander getrennt und zum Theil schmäler sind, als gewöhnlich. Aber nach dem fünfunddreissigsten, und besonders nach dem vierzigsten Jahre treten bei hohen Graden von Myopie hie und da die oben beschriebenen Veränderungen auf (vergl. Fig. 133, 136 und 140). Nun beschreibt auch die Grenzlinie der atrophirten Stelle manchmal eine unregelmässige Form, oder es haben sich neben den ursprünglichen noch andere atrophische Flecken gebildet, welche durch beiderseitige Ausdehnung später miteinander verschmelzen können. Die wichtigste Veränderung ausserhalb des Sitzes der ursprünglichen Atrophie ist die Entartung in der Gegend des gelben Fleckes, besonders wenn sie sich bis in die Netzhautgrube hinein erstreckt. Diese Veränderungen können allerdings in jedem Alter und auch im nicht myopischen Auge auftreten, und eine Anzahl Fälle gewöhnlicher Amblyopie hängt von localen Störungen der Perception an dieser Stelle, mit oder ohne wahrnehmbare organische Veränderungen, ab; doch ist eine krankhafte Veränderung eigener Art, welche in Ausdehnung und Atrophie der Sclerotica und Chorioidea besteht, und durch welche secundär auch die Netzhaut in ihren Functionen gestört wird, entschieden hohen Graden von Myopie eigenthümlich. Indem wir wissen, dass der gelbe Fleck oft der Spitze des Staphyloma posticum entspricht, und dass bei hohen Graden hier die Atrophie der Sclerotica und Chorioidea am stärksten ist, so kann uns das Obige durchaus nicht Wunder nehmen. Erstens entsteht bei $M = {}^1/_4$ oder mehr im vorgerückten Alter oft eine unvollständige, diffuse Atrophie der Chorioidea in einem Gürtel, welcher, von der Aussenseite der atrophischen Stelle ausgehend, über die Macula lutea fortschreitet, und durch ein weiss- oder

*) Vergl. Coccius. Ueber Glaucom, Entzündung und Autopsie mit dem Augenspiegel. 1859, p. 36.

gelbgesprenkeltes, ungleichmässiges, graues, stark Licht reflectirendes Aussehen, mit eingestreuten Pigmentpunkten, kenntlich ist, und wo diess der Fall ist, entgeht die Gegend der Macula lutea nie ganz einer Veränderung. Ausserdem tritt die oben beschriebene locale Veränderung des gelben Fleckes nicht selten zur ursprünglichen Atrophie hinzu, bevor noch in dem zwischen ihr und dem gelben Flecke befindlichen Theile eine grössere Abweichung von der Norm sichtbar wurde. In einem Falle beobachtete ich diess bei einem 15-jährigen Kranken; doch ist es unter 30 Jahren, selbst bei hochgradiger Myopie, immer sehr selten; nach dem 30. Jahre kommt es bei Myopen von $^1/_3$ und mehr verhältnissmässig häufig vor, und im 60. Jahre hat der gelbe Fleck, ja selbst die Netzhautgrube, bei Myopie von $^1/_3$ oft, bei Myopie von $\frac{1}{2^1/_2}$ und $^1/_2$, ich möchte fast sagen immer, gelitten. Diess tritt ein, sowohl wenn die ursprüngliche Atrophie ring- oder kreisförmig ist, als auch wenn sie nur nach einer Seite hin sich ausdehnt, manchmal sogar dann, wenn die Achse der Atrophie noch kurz und nicht gegen die Macula lutea gerichtet ist.

Die oben an der Papille beschriebenen Veränderungen werden nur in verhältnissmässig hohen Graden von Myopie, z. B. über $^1/_5$, deutlich wahrgenommen, und bei diesen Graden kann der gestreckte Verlauf der Gefässe, besonders an der Seite der atrophirten Stelle, nicht verkannt werden. Besonders bemerkenswerth sind in dieser Beziehung solche Fälle, wo bei demselben Kranken nur das eine Auge stark myopisch oder doch wenigstens um Vieles stärker myopisch ist, als das andere. Ueberhaupt tritt in solchen Fällen der Zusammenhang zwischen dem Grade der Myopie und den verschiedenen Veränderungen, die unabhängig von dem Lebensalter im Augengrunde auftreten, auf das Schlagendste hervor.

Andere Erkrankungen, denen hochgradig myopische Augen unterworfen sind, als Blutaustretungen, Netzhautablösung, glaukomatöse Entartung der Papille und Linsentrübung, sind nicht constant und der Myopie nicht vorzugsweise eigenthümlich, so dass ihre Schilderung als einfache Folge einer weitern Entwicklung der Myopie nicht gerechtfertigt wäre. Mit mehr Recht noch lässt sich die Chorioiditis disseminata, von der im folgenden Paragraphen die Rede sein wird, mit Myopie in Zusammenhang bringen.

Bewegliche Glaskörperopacitäten fehlen hingegen, wie ich schon bemerkt habe, nur selten bei hohen Graden von Myopie.

Zum Schlusse haben wir noch zwei wichtige Fragen zu behandeln: erstens in wie weit die oben beschriebene Atrophie ein constanter Befund der Myopie ist, und zweitens ob dieselbe nur bei Myopie vorkommt und folglich ein charakteristisches Symptom derselben ist.

Von Graefe fand, dass unter zehn Fällen von hochgradiger Myopie die erwähnte Atrophie (von ihm einer Sclerotico-chorioiditis zugeschrieben) mindestens neunmal vorkomme. Ed. von Jaeger ist vielleicht schon früher zu demselben Resultate gelangt, und alle andern Beobachter stimmen damit überein. Meinen Erfahrungen zu Folge kann man noch weiter gehen.

Wie ich schon bemerkt habe, können leichte Grade von Myopie bei jugendlichen Individuen ohne Atrophie bestehen, aber mag nun die Myopie stationär geblieben sein oder sich weiter entwickelt haben, im 40. Jahre

werden Spuren der Atrophie in der Regel nicht fehlen. Schon nach dem 30. Jahre fand ich bei $M > {}^1/_{12}$ die Atrophie nur dreimal vollkommen fehlen, und sie war bei $M > {}^1/_{20}$ mit Ausnahme von nur fünf Fällen jedesmal zugegen. Wir sind daher berechtigt zu sagen, dass Myopie auf einem Zustande beruhe, welcher in sich die Entwicklung von Atrophie einschliesst. Im folgenden Paragraphen wird sich noch klarer ergeben, dass Myopie ausnahmsweise auch durch einige andere Veränderungen in der Form des Augapfels zu Stande kommen kann, aber seltsam genug fehlt auch in jenen Fällen, wo krankhaft entwickelte grössere Convexität der Hornhaut zur Myopie führte, die dem Staphyloma posticum eigenthümliche Atrophie nur äusserst selten vollständig.

Was die zweite Frage betrifft, so können wir die beschriebene Atrophie nicht als ausschliessliches Charakteristicum der Myopie erklären. Wir sehen oft, wenigstens im reiferen Alter, leichte Spuren von Atrophie am äussern Rande der Papille, manchmal selbst ring- oder kreisförmige Atrophie, ohne dass Myopie zugegen wäre; zweimal habe ich diess sogar bei mässigen Graden von Hypermetropie beobachtet. Diess letztere findet sich auch, wenngleich seltener, bei Leuten in jungen und mittleren Jahren. Es lässt sich daher nicht annehmen, dass in allen diesen Fällen in einer früheren Lebenszeit Myopie bestanden habe, die in Folge der senilen Veränderungen des Auges geschwunden sei (vergl. p. 173). Auch kommt nicht selten bei Glaukom eine besondere Form von Atrophie um die Sehnervenscheibe vor; diese ist ringförmig und erreicht nur eine mässige Grösse; augenscheinlich ist auch hier die Chorioidea atrophisch, und es scheint mir, als hänge diese Atrophie mit der Excavation der Papille zusammen; vielleicht ist auch in diesem Falle Entzündung mit im Spiele.

Die ophthalmoskopische Untersuchung stark myopischer Individuen im aufrechten Bilde, wozu starke negative Gläser erforderlich sind, verlangt eine grosse Uebung, besonders wenn auch das untersuchende Auge myopisch ist. Ed. von Jaeger glaubt jedoch in dieser Methode einige Vortheile zu finden, und auf jeden Fall ist es wünschenswerth, sich diese Fertigkeit zu erwerben, da man, wie wir schon gesehen haben, durch das zur Untersuchung benöthigte Glas einen Anhaltspunkt für den Grad der Myopie hat. Für gewöhnlich reicht jedoch die Untersuchung im verkehrten Bilde vollkommen aus. Ohne Gebrauch einer Objectivlinse steht das umgekehrte Bild des Augengrundes vor dem myopischen Auge in der Entfernung, für welche dasselbe accommodirt. Bei $M = {}^1/_2, {}^1/_3, \frac{1}{n}$ steht daher das Bild ungefähr 2, 3, n Zoll vor dem Auge, so dass wir bei hohen Graden von Myopie, wenn wir etwas weiter zurückgehen, als gewöhnlich, ohne Zuhülfenahme irgend eines Glases, durch die Oeffnung des Spiegels das Bild direct vor uns erblicken können. Doch ist es besser, eine Objectivlinse zu benützen, weil dadurch das Sehfeld grösser wird, und dasselbe sich bei Bewegungen der Linse in verticaler Ebene abwechselnd in verschiedenen Richtungen ausdehnt. Bei der Auswahl dieses Objectivglases befinden wir uns jedoch in einem schwierigen Dilemma: wählen wir ein zu starkes, so wird das Bild gar zu klein; wählen wir ein zu schwaches, so beschränkt sich das Sehfeld zu sehr. Dem zu kleinen Bilde können wir entgegenwirken, indem wir hinter den Augenspiegel eine ziemlich starke convexe Ocularlinse einlegen, wodurch der Beobachter ohne irgend welche Anstrengung das kleine, umgekehrte Bild sehr nahe und vergrössert sehen kann; im Allgemeinen ist solch ein Convexglas für Beobachter, die nicht ohnehin myopisch sind, empfehlenswerth. Es ist daher vortheilhaft eine ziemlich starke Objectivlinse, bei welcher die Vergrösserung geringer, aber das Sehfeld grösser ist, mit

einem ziemlich starken Oculare zu verbinden. — Liebreich (Archiv für Ophth. B. VII, 2, p. 130) hat eine eigene Methode zur Untersuchung hochgradig myopischer Augen vorgeschlagen. Er gebraucht keine Objectivlinse, sondern blos ein starkes Ocular und nähert sich mit demselben dem Auge so sehr, dass die Iris ungefähr in den Brennpunkt der Linse fällt und so gewissermaassen verschwindet. Dadurch wird ein sehr grosses Sehfeld erzielt. Zur selben Zeit muss das verkehrte Bild zwischen dem untersuchten Auge und der Linse zu liegen kommen, um durch die letztere gesehen werden zu können. Diess wird bei $M = \frac{1}{n}$ durch eine Linse von nahezu $\frac{1}{n+1}$ erreicht. Dann haben wir wirklich den Vortheil ein grosses Gesichtsfeld bei starker Vergrösserung überblicken zu können. — Siehe auch Coccius (Arch. f. O. B. X, 1, p. 123).

Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung im umgekehrten Bilde sehen wir, wie durch ein zusammengesetztes Mikroskop, bei welchem das zu untersuchende Auge mit der vor dasselbe gehaltenen Linse das Objectiv, und die Linse vor der Oeffnung des Spiegels das Ocular ist, durch welches das Auge des Beobachters das durch das Objectiv entworfene, umgekehrte Bild des Augengrundes betrachtet. Je schwächer das Objectiv, desto kürzer ist die Distanz g' vom Augengrunde B zum resultirenden ersten Knotenpunkte k', und desto grösser die Distanz g'' vom Bilde β zum resultirenden zweiten Knotenpunkte k''. — Da nun $\beta : B = g'' : g'$ ist, so ist klar, dass das die Vergrösserung ausdrückende Verhältniss $\frac{\beta}{B}$ des umgekehrten Bildes um so grösser wird, je schwächer die Objectivlinse ist. Darin liegt aber zugleich, dass die grössere Sehachse bei M, welche hauptsächlich die Grösse von g' bestimmt, eine mitwirkende Ursache für die geringere Vergrösserung des myopischen Augengrundes im umgekehrten Bilde ist. Wäre wirklich ein kürzerer Krümmungshalbmesser der Hornhaut oder der Linse, ohne Veränderung in der Sehachsenlänge, Ursache der M, so wäre g' kleiner, und da dann, bei gleicher Entfernung des umgekehrten Bildes vom Auge, g'' unverändert bleibt, so würde $\frac{g''}{g'}$ eine stärkere Vergrösserung ausdrücken.

Gäbe es im Augengrunde irgend ein Object von bekannter und constanter Grösse, so liesse sich aus dem Umfange und der Lage des verkehrten Bildes die Länge der Sehachse während des Lebens ableiten.

§ 28. Anatomie des myopischen Auges.

In den vorhergehenden Paragraphen haben wir gesehen, dass die Myopie fast ausschliesslich von einer mit Staphyloma posticum in Verbindung stehenden Verlängerung der Sehachse abhängt. Wir haben daher hier wenig mehr zu thun, als zunächst die Veränderungen, welche unter diesen Umständen im Auge auftreten, zu beschreiben und sodann ihre Entwicklung zu verfolgen. Diess wird daher das Hauptthema dieses Paragraphen sein. Wenn wir aber alles das zusammenfassen, was zu Myopie im dioptrischen Sinne des Wortes führen kann, d. h. zu einem Zustande des Auges, in welchem der Brennpunkt vor der Netzhaut liegt, so lassen sich folgende Abweichungen von der Norm unterscheiden.

1. Ungewöhnlich grosse Convexität der Hornhaut. Es ist klar, dass, wenn alle Gebilde des Auges normal gebaut sind, die Hornhaut aber convexer ist, Myopie die Folge davon sein wird. Daher wurde auch bis in die neueste Zeit von Vielen die Myopie einer zu grossen Convexität der

Hornhaut zugeschrieben. Unsere Messungen haben indessen zu dem unerwarteten Resultate geführt, dass die Myopen durchschnittlich eine weniger convexe Hornhaut haben, als die Emmetropen (vergl. p. 77), und dass, können wir noch hinzufügen, in den höchsten Graden von Myopie die Hornhaut am flachsten ist. Theilen wir z. B. die von uns gemessenen 34 Augen in drei Klassen, und enthalte die erste $M = 1 : 1{\cdot}6$ bis $1 : 4$, die zweite $1 : 4$ bis $1 : 10$, die dritte $1 : 10$ bis $1 : 80$, so finden wir

in der ersten Klasse den Radius in der Gesichtslinie $\rho^0 = 7{\cdot}93$,
„ zweiten „ „ „ „ „ $\rho^0 = 7{\cdot}829$,
„ dritten „ „ „ „ „ $\rho^0 = 7{\cdot}867$;
bei Emmetropen fand ich aber im Durchschnitte $\rho^0 = 7{\cdot}785$.

Bei den höchsten Graden von Myopie ist ein grosser Hornhautradius Regel. Ich hatte früher schon folgende Fälle gemessen:

bei $M = 1 : 1{\cdot}648 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 8{\cdot}21$
„ $= 1 : 2{\cdot}625 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 7{\cdot}885$
„ $= 1 : 2{\cdot}66 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 8{\cdot}06$
„ $= 1 : 2{\cdot}83 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 7{\cdot}68$
„ $= 1 : 2{\cdot}875 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 7{\cdot}67$
„ $= 1 : 3{\cdot}5 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 7{\cdot}84$
„ $= 1 : 3{\cdot}75 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 8{\cdot}07$
„ $= 1 : 3{\cdot}75 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 7{\cdot}97$
„ $= 1 : 3{\cdot}75 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 8{\cdot}02$
„ $= 1 : 4 \ldots\ldots\ldots \rho^0 = 7{\cdot}96$,

und spätere Beobachtungen haben dieses Ergebniss bestätigt. Diese besondere Länge des Hornhautradius bei sehr hochgradiger Myopie hängt mit der ausgedehnten Gestalt des Auges zusammen. In den gewöhnlichen Fällen von Myopie, können wir sagen, kommen ähnliche Verschiedenheiten im Hornhautradius vor, wie bei Emmetropen. — Nichtsdestoweniger kann ein krankhafter Zustand der Hornhaut den Brennpunkt eines sonst normalen Auges vor die Netzhaut verlegen. Zunächst tritt die vermehrte Convexität der Hornhaut als das Ergebniss von Entzündung auf, wobei ihre Durchsichtigkeit unvollkommen, und die Krümmung gewöhnlich so unregelmässig wird, dass bei dem hiedurch entstehenden Astigmatismus die Sehschärfe in hohem Grade leidet. Ferner gehört hieher aber auch der unter dem Namen Keratakonus bekannte, krankhafte Process, von welchem ich bei Gelegenheit des unregelmässigen Astigmatismus reden werde. Im Beginne spiegelt er eine gewöhnliche mit Amblyopie verbundene Myopie vor.

2. Kurze Brennweite der Linse. Bestimmungen während des Lebens mittelst des Ophthalmometers und directe Messungen nach dem Tode haben gezeigt, dass auch in der Linse individuelle Verschiedenheiten vorkommen. Wie aber die Hornhaut, ausser bei krankhaften Veränderungen derselben, keine Rolle bei der Myopie spielt, — so ist auch von der Linse wenigstens nicht erwiesen, dass sie im myopischen Auge eine kürzere Brennweite, als im emmetropischen, habe. Soweit die Messungen reichen, scheint eher das Gegentheil der Fall zu sein. Percy und Leveillé-Parise (Hygiène oculaire, p. 32) sagen ausdrücklich, dass bei Myopen die Linse nicht convexer sei. Die Auf-

stellung einer besonderen Form von Myopie, wie sie Stellwag von Carion und Ed. von Jaeger als Ergebniss einer constanten Accommodation für nahe Gegenstände angenommen haben, ist schon oben, wie ich glaube aus guten Gründen, zurückgewiesen worden (vergl. p. 296).

3. Luxation der Linse. Mir kamen zwei Fälle vor, bei welchen theilweise Zerreissung der Zonula Zinnii, das einemal in Folge von Erschütterung, das andremal durch directe Verletzung, Veranlassung zum Entstehen eines leichten Grades von Myopie gegeben. Der eine Fall, bei welchem die Linse eine etwas schiefe Stellung angenommen, ist im folgenden Kapitel, welches den Astigmatismus behandelt, beschrieben. Diese Fälle sprechen für die Ansicht von Helmholtz, vermöge welcher die Linse durch Spannung der Zonula Zinnii flacher wird.

4. Ortsveränderung oder mehr nach vorne gerückte Stellung der Linse. Diese Veränderung würde wirklich zu einem gewissen Grade von Myopie Veranlassung geben. Wir wissen aber, dass die Linse im hypermetropischen Auge der Hornhaut näher liegt, während sie im myopischen von ihr entfernt ist. Hieraus ergibt sich zur Genüge, wie wenig berechtigt wir sind, die Myopie damit in Verbindung zu bringen. Zwei Fälle mögen hier kurz erwähnt werden. Der eine betrifft eine Luxation der Linse in Folge einer heftigen Erschütterung des Auges, wobei die Linse gewaltsam durch die Pupille in die vordere Kammer gepresst wurde und sich sehr regelmässig unmittelbar an die Hornhaut anlegte. In diesem Falle trat wirklich Myopie, theilweise wohl auch in Folge der vermehrten Convexität, ein. Der Kranke kam meinem Verlangen, sich unverzüglich der Behandlung zu unterziehen, nicht nach, und als er einige Monate später wieder erschien, war das Auge schmerzhaft, steinhart und in Folge hinzugetretenen Glaukoms erblindet. Ich entfernte die Linse, das Auge blieb jedoch blind. — Der zweite Fall betraf eine beträchtliche Myopie, bei der jedoch der Augapfel eher etwas weicher, die vordere Kammer ungewöhnlich tief, und die Iris in hohem Grade nach vorne concav war. Nachdem dieser Zustand lange Zeit hindurch beobachtet war, änderte sich die Situation ohne nachweisbare Ursache binnen vierundzwanzig Stunden. Die concave Fläche der Iris wurde convex und kam hiebei zugleich mit der Linse ganz nahe an die Cornea zu liegen. Die Myopie musste daher etwas zugenommen haben, aber wegen der geringen Genauigkeit des Sehens konnte diess nicht mit Sicherheit festgestellt werden. In diesem Zustande wurde auch der Augapfel praller, und augenscheinlich wurde jetzt die Glaskörperflüssigkeit wieder unter höherem Drucke secernirt, als der Humor aqueus. Früher hatte das Gegentheil in abnormer Weise stattgefunden, und die Iris sammt der Linse war dabei nach rückwärts gedrängt.

5. Veränderungen im Brechungscoëfficienten der verschiedenen Medien wurden wohl nur in hypothetischer Weise als Ursachen der Myopie angenommen; Thatsächliches weiss man darüber gar nicht.

6. Entzündung des vordern Abschnittes der Sclerotica, öfters mit sogenannter Kyklitis verbunden, mag zur Ausdehnung dieses Theiles der Sclerotica, und so mitunter zu einer Verlängerung der Sehachse, deren Resultat wieder Myopie ist, Veranlassung geben.

7. Accommodationskrampf und folglich die verschiedenen organischen Ursachen dieses Krampfes machen das emmetropische Auge myopisch.

Hierher gehören die Fälle der sogenannten intermittirenden Myopie und Jaegers Plesiopie. Es handelt sich jedoch dabei um eine Anomalie der Accommodation, und nicht der Refraction.

Nach Aufzählung der seltenern Abnormitäten, welche die Grundlage für Myopie abgeben können, gehe ich zur Betrachtung der typischen Form von Myopie, zu dem Auge mit Staphyloma posticum, über. Diese Form kommt in zwei Abarten vor. Es gibt nämlich Fälle, in welchen das Auge in fast allen seinen Durchmessern gleichmässig vergrössert ist, und der Zustand sich also dem angebornen Buphthalmus nähert. In einem Falle von wahrem Buphthalmus fand ich auf dieser Seite eine flache Hornhaut und ausgebreitete Atrophie im Augengrunde. Dabei war das Sehvermögen noch erträglich, es bestand aber ausserordentlich hochgradige Myopie, so dass der Kranke dieses Auge erblindet glaubte, bis ich ihm zeigte, dass er mit demselben in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}''$ lesen könne. — In der bei weitem grössern Mehrzahl der Fälle jedoch zeigt sich die Sehachse viel mehr verlängert, als die übrigen Durchmesser, und das Auge zeigt eine ziemlich regelmässige ellipsoidische Form, wie sie schon von Scarpa abgebildet worden ist[1]).

Der Erste, welcher diess als regelmässigen Befund bei Myopie richtig erkannte, war Arlt[2]). Ich lasse daher seine Maasse als historisch von Interesse folgen, indem ich dieselben auf Millimeter umrechne.

Geschlecht nnd Alter des Individuums	Auge	Aeussere Augenachse (Sehachse)	Aequatorial-Durchmesser	Stärke des zuletzt gebrauchten Glases
Mann, 72 J.	R.	27·36	h. u. 24·89 v.	$\frac{1}{14}$
	L.	26·36	h. u. 24·89 v.	
Mann, 38 J.	R.	27·36	h. u. 25·26 v.	$\frac{1}{10}$
	L.	28·56	h. u. 25·81 v.	
Mann, 36 J.	R.	27·36	h. 24·89 u. v. 26·36	$\frac{1}{7}$
	L.	27·36	h. 25·26 u. v. 26·36	
Frau, 53 J.	R.	30·76	h. u. 25·81 v.	$\frac{1}{3\cdot5}$
	L.	29·56	h. u. 25·26 v.	

[1]) Traité pratique des maladies des yeux. Traduit par Leveillé. Paris chez Bertrand. 1807. II. p. 190.

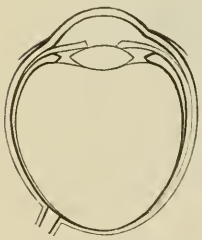
[2]) Prager Monatsschrift. Juni 1854. „Ueber Accommodation". Vortrag vom 29. Mai 1854. — Krankheiten der Augen. III. p. 238. 1856. —

Diesen schliesse ich die von mir ermittelten Maasse der verschiedenen Durchmesser einiger myopischer Augen an:

Sehachse.	Horizontaler,	verticaler Durchmesser.
33·0	26·8	25·6
31·7	26·0	24·7
31·0	26·5	26·0
30·0	27·5	25·4
28·5	24·3	24·0.

Von Jaeger [1]) hat ebenfalls eine grosse Anzahl gemessen und auch fast immer die Sehachsen am merklichsten verlängert gefunden. In den meisten Fällen entspricht der Scheitel des Sclerotica-Ellipsoides ungefähr der Hornhautachse [2]). Wegen der Erschlaffung der Häute an dieser Stelle hat es den Anschein, als ob die Atrophie hier den höchsten Grad erreicht habe; manchmal ist hier neben der ursprünglichen Ausdehnung eine zweite vorhanden, wo die Häute augenscheinlich dem Drucke noch weniger Widerstand entgegengesetzt hatten. Während daher der Scheitel der Ausdehnung mehr oder weniger vollständig der Gegend des gelben Fleckes, der sich der Hornhautachse genähert hat, entspricht, ist der Sehnerv mehr als gewöhnlich gegen die Innenseite verschoben (vergl. Fig. 145). In andern Fällen liegt der Scheitel weiter von der Hornhautachse entfernt und zwar in verschiedener Richtung, hauptsächlich jedoch nach einwärts, wobei er ungefähr mit dem Sehnerven zusammenfällt. Man sagt, dass der letztere hier mitunter gleichsam in eine zweite Ausdehnung eingepflanzt sei. Ich habe diess nie gesehen, wohl aber kommt an der Basis des Sehnerven, durch das Nachgeben seiner äussern, fibrösen Scheide, eine Verdickung bis zu 8^{mm} und mehr vor, welche vielleicht die Annahme einer zweiten Ausdehnung der Sclerotica veranlasst hat (vergl. Fig. 146). Von Jaeger führt an, dass er den Scheitel der Ektasie selbst an der Innenseite des Sehnerven gefunden habe.

Fig. 145.



Bei hohen Graden von Staphyloma posticum wird das Auge beim Herausnehmen aus der Leiche plötzlich weich und schlaff, und nahe am hintern Pole sind die Häute so dünn und durchscheinend, dass hier das wohlbekannte bläuliche Aussehen auftritt, welches dem Staphyloma scleroticae anterius eigen ist. Kehrt man den ausgedehnten Theil dem Lichte zu, so sieht man durch die Pupille den Augengrund ganz hell erleuchtet. Selbst im Leben ist manchmal, wenn die Hornhaut stark nach einwärts gewendet wird, die blaue Farbe des Staphyloma posticum sichtbar, und mir kam ein Fall vor, wo die ganze sichtbare Sclerotica in Folge allgemeiner Verdünnung ein sehr unangenehmes, gleichmässig blaues Aussehen hatte.

Um das Auge weiter zu untersuchen, machen wir nun, entweder im frischen Zustande oder nach Erhärtung in Chromsäurelösung, einen Durchschnitt des Auges, welcher durch die Mitte der Hornhaut und des Sehnerven

[1]) Die Einstellungen des dioptr. Apparates. p. 262.

[2]) Vergl. auch: Hasner. Klinische Vorträge über Augenheilkunde, Prag, 1860. p. 19.

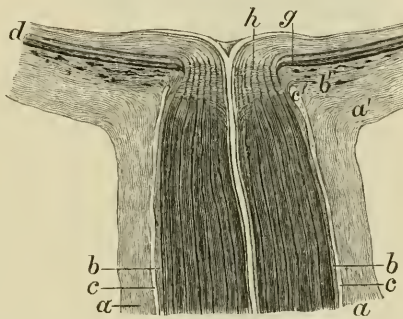
geht, wobei jedoch Sorge getragen werden muss, dass der Schnitt nicht den Scheitel des Staphyloms treffe. Man sieht nun, dass die Sclerotica überall dünner geworden, und zwar in zunehmendem Maasse gegen den hintern Pol, in der Weise, dass sie im Allgemeinen an der Aussenseite des Augapfels mehr verdünnt ist, als an der Innenseite, und dass sie am Scheitel des Ellipsoides in den höchsten Graden nicht viel dicker ist, als ein Bogen Papier, so dass an einzelnen Stellen selbst ihre Fasern auseinander gewichen sind. Man bemerkt ferner, dass die Iris und die Linse mehr nach rückwärts verschoben sind; dasselbe gilt von den Ciliarfortsätzen, und mehr als einmal habe ich bemerkt, dass der Ciliarmuskel auch bei Verlängerung und Verdünnung der Glasfasern, welche von der Descemetischen Haut entspringen und dem Muskel zum Ursprunge dienen, entfernter von der Hornhaut beginnt, als diess im normalen Auge der Fall ist, und dass er zu gleicher Zeit länger, flacher und mehr oder weniger atrophisch ist. Diess findet sich besonders ausgesprochen, wenn der vordere Theil der Sclerotica ebenfalls beträchtlich verdünnt ist, was jedoch durchaus nicht zur Regel gehört. In gleicher Weise ist in gewöhnlichen Fällen der vordere Abschnitt der Chorioidea fast ganz normal, und sie wird erst in ihrem rückwärtigen Theile progressiv verdünnt und entfärbt. Im Allgemeinen kann die Chorioidea mit ziemlicher Leichtigkeit von der Sclerotica abgelöst werden, aber im Verhältniss, wie wir uns dem atrophischen Theile nähern, gelingt diese Ablösung nur bei immer grösserer Sorgfalt, weil die Membran in dem Maasse, wie sie an Dünnheit und Zartheit zunimmt, auch homogener und leichter zerreisslich wird. Ueberall jedoch lässt sich die Chorioidea, sie sei noch so atrophisch, als solche erkennen und isoliren. Von Jaeger hat diess bei zahlreichen Augen bestätigt gefunden, und ich selbst sah es im Jahre 1856 in der Sammlung von Stellwag von Carion durch ausgezeichnete Praeparate veranschaulicht. Die Chorioidea zeigt ihre grösste Verdünnung gewöhnlich unmittelbar am Sehnerven, von welchem sie dann leicht getrennt werden kann, die Sclerotica hingegen ist am hintern Pole am dünnsten. Nach v. Hasner ist die Netzhaut mit der Chorioidea an der Grenze der Atrophie inniger verbunden. — Betrachten wir nun die Chorioidea an ihrer Innenfläche, nachdem der Glaskörper und die Linse zusammen mit der Netzhaut sorgfältig entfernt worden sind. Es kommt selten vor, dass in einem früher gehärteten Auge, Pigment an der Netzhaut haften bleibt; doch ist mir in zwei Augen ein Theil der äusseren Netzhautschichte am Pigmente, insbesondere in der Gegend des Aequators, haften geblieben. Dieselben stammten von einer 66-jährigen Frau. An andern Augen habe ich das nie gesehen. Bei dieser Frau kamen auch die bekannten warzenartigen Verdickungen (vergl. p. 163) der hyalinen Membran der Chorioidea, welche, wo die Chorioidea noch nicht sehr atrophisch ist, leicht isolirt werden kann, vor. Bringen wir nun eine lange, schmale Portion der Chorioidea, welche sich von der Ora serrata bis zum Sehnerven erstreckt, und welche von der Sclerotica abgelöst und so sorgfältig behandelt ist, dass nichts vom Pigmente verloren gegangen ist, mit der Innenfläche nach aufwärts unter das Mikroskop, so können wir die Uebergänge vom normalen Zustande bis zur vollständigsten Atrophie genau studiren. Vorerst bemerkt man, dass das Pigmentepithel weniger gleichmässig gefärbt ist, und dass die Zellen grösser und vielleicht auch flacher, als im normalen Auge sind; mit Ausnahme des stark

lichtreflectirenden, atrophischen Halbmondes, woselbst sie ganz fehlen, bilden sie aber eine vollständige Schichte. Ist die Atrophie diffus, so kommen Uebergangsformen vor, und wir beobachten, dass die Zellen mehr und mehr verschwinden und nur mehr oder weniger in Gruppen angesammelte Pigmentkörner zurücklassen. Die dunkelschwarzen Flecken, welche wir mit dem blossen Auge oder mit der Lupe, besonders bei der diffusen Form hie und da zerstreut finden, zeigen keine regelmässigen Zellen, sondern vollkommen schwarze, unregelmässige, eckige, untereinander zusammenhängende Massen, zwischen welchen und um welche wir manchmal farbloses atrophisches Chorioidealgewebe antreffen. Dagegen fand ich graue Flecken von ähnlichem schwarzem Pigmente umgeben auf normalem Chorioidealgewebe, welches durch dieselben schwach durchschimmerte, ruhen. — Während die scharfen Grenzen (Zellmembranen?) des Pigmentepithels verschwinden, und nur die Pigmentkörner zurückbleiben, gilt das Entgegengesetzte vom Pigmente, das dem Stroma der Chorioidea angehört. Diess sieht man am deutlichsten, wenn man das Pigmentepithel mit einem Pinsel wegwäscht. Vor Allem bemerkt man dann, selbst in Fällen von scharf umschriebener Atrophie, dass das Stroma auch da schon merklich blass geworden, wo es noch hinreichend mit Pigmentepithel bedeckt war; und in diesen entfärbten Theilen sind die ramificirten Zellen der Intervascularräume noch gleich deutlich sichtbar, aber arm an Pigmentkörnern, welche gegen die atrophische Seite zu progressiv abnehmen und endlich verschwinden, während die ramificirten Zellen selbst nichts destoweniger erhalten bleiben. In den dunkleren Partien hingegen, wo die Chorioidea noch ziemlich ihre normale Dicke behalten hat, erscheinen auch die Pigmentzellen vollkommen normal. — Die breiten Gefässe der äussern Schichte der Chorioidea fand ich in den normalen und wenig atrophischen Partien der letzteren in hohem Grade mit Blut überfüllt, mehr als diess unter gewöhnlichen Umständen im normalen Auge der Fall ist. In Folge dessen hat die Membran ein rothes, gestreiftes Aussehen. Dieselbe Blutüberfüllung zeigte sich an derselben Stelle in auffallendster Weise auch in der Chorio-capillaris. So wie wir uns aber dem atrophischen Theile nähern, vermindert sich das Blut in den Gefässen und verschwindet endlich ganz. Hier gewinnt die dünne Membran, welche von der Chorioidea zurückgeblieben, nach und nach eine solche Homogenität, dass es schwer wird, anzunehmen, dass die Gefässe noch irgend ein Caliber behalten haben, obwohl wir bei starker Vergrösserung noch sehr gut die breiten Gefässe und manchmal selbst die Chorio-capillaris in körnigen Umrissen wahrnehmen können. Ueberdiess führen die breiten Chorioidealgefässe noch lange Blut, nachdem die Chorio-capillaris schon verstopft ist. Ich bin überzeugt, dass die Chorio-capillaris auf dem weissen, lichtreflectirenden Halbmonde, wo wir oft noch einzelne breite Chorioidealgefässe verlaufen sehen, fehlt, nicht allein darum, weil sich die Capillaren bei sonst sehr gelungenen Injectionen nicht füllen, sondern auch weil wir sie während des Lebens nicht sehen. Wäre der Hintergrund roth oder schwarz, so würde sie, trotzdem sie durch den Augenspiegel vergrössert wird, doch wegen der Transparenz und der geringen lichtreflectirenden Kraft der dünnen Blutschichte unsichtbar bleiben, aber da der Hintergrund weiss ist, müsste sie sich durch einen röthlichen Ton verrathen, ja müsste selbst als feines Netzwerk sichtbar werden.

Diese Schilderung bezieht sich im Allgemeinen auf die höchsten Grade von Staphyloma posticum, bei welchen die durch den Augenspiegel bemerkbare umschriebene Atrophie sich augenscheinlich schon mit der diffusen Atrophie verbunden hat. Mir schien es jedoch, dass diffuse Atrophie auch dort vorhanden ist, wo sie wegen des ziemlich vollständigen Pigmentepithels während des Lebens nur in dem grössern Abstande der noch Blut führenden breiten Gefässe der Chorioidea ihren Ausdruck findet.

Beim Staphyloma posticum ist die Stelle, wo der Sehnerv ins Auge tritt, wichtig. Vor mehreren Jahren habe ich diese Stelle im normalen Auge untersucht [1]). Schon der Stamm des Sehnerven wird durch Fasergewebe in die zahlreichen Bündel abgetheilt, in welche er sich bei seiner Ausbreitung als Netzhaut sondert. Der Sehnerv unterscheidet sich dadurch in seinem Bau wesentlich von andern sich nach und nach verzweigenden Nervenstämmen. Er hat ferner eine doppelte fibröse Scheide, eine äussere, dickere *a* (Fig. 146), welche bei *a'* in den äussersten Theil der Sclerotica

Fig. 146.



übergeht, und eine innere *b*, welche den Stamm bis zur Chorioidea *d* einhüllt, mit der letztern in Zusammenhang tritt, und knapp an ihr sich zu der daselbst pigmenthaltigen Sclerotica *b'* umbiegt, während gleichzeitig die Lamina cribrosa *g* grösstentheils von ihr ausgeht und nur zum kleinen Theil von der Chorioidea gebildet wird. Zwischen den beiden fibrösen Scheiden *a* und *b* befindet sich eine dünne Schichte von lockerem Bindegewebe, die Bindegewebsscheide *c*, bestehend aus einem Netzwerk scharf contourirter Bündel, welche bis an die Lamina cribrosa in die Höhe steigt *c'*. Schon unterhalb der Lamina cribrosa bei *h* verlieren, wie Bowman [2]) zuerst zeigte, die Nervenfasern ihre Markscheide, wodurch der Nerv dünner und zu gleicher Zeit durchsichtig wird. Diese dünnern Fascikel treten dann durch die sogenannte Lamina cribrosa hindurch, welche letztere als Verstärkung des Neurilems der einzelnen Bündel angesehen, und von welcher eine zarte Fortsetzung zwischen den Bündeln der fibrösen Schichte der Netzhaut verfolgt werden kann. Die Chorioidea scheint am Rande des Nerven

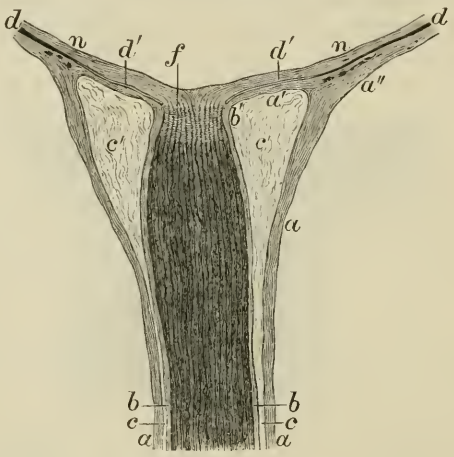
---

[1]) Arch. f. Ophth I, 2, p. 82, 1855.

[2]) Lectures on the parts concerned in the operations on the Eye. London. 1849. p. 82.

plötzlich zu endigen, da das Pigment, welches hier reichlich angehäuft ist, wirklich daselbst aufhört, und die Chorioidealgefässe sich nicht weiter erstrekken; das Chorioidealgewebe jedoch umgibt die Fascikeln des Sehnerven und trägt in dieser Weise wirklich zur Bildung der Lamina cribrosa bei. So ist die Chorioidea, sowohl durch ihre Verbindung mit der innern Sehnervenscheide *b'*, als auch durch ihre Fortsetzung in das Nervengewebe, daselbst fest angeheftet. Fast unmittelbar an der Stelle, wo ihr Pigment beginnt, zeigen sich auch die Elemente der tiefern Netzhautschichten, über welchen sich dann die Nervenschichte ausbreitet. — Vergleichen wir mit diesem Befunde einen Durchschnitt des Sehnerveneintrittes bei stark entwikkeltem Staphyloma posticum (Fig. 147), so werden wir sehen, dass die äussere

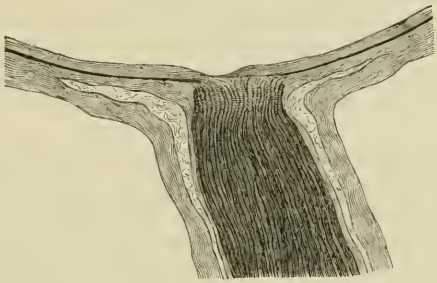
Fig. 147.



Scheide *a* nahe an der Sclerotica vom Nerven abtritt, dass ein kleiner Theil derselben *a'* sich daselbst nach einwärts wendet, der grösste Theil *a''* aber sich nach aussen gegen die Sclerotica umbiegt; dass hingegen die innere Scheide *b* fortfährt den Sehnerven eng zu umgeben, nahe an der Oberfläche des Nerven die Lamina cribrosa bildet und dann bei *b'* nach aussen zur Sclerotica übergeht, und dem nach innen gewendeten Fascikel *a'* der äussern Scheide entgegentritt. Dieses dünne Bündelchen *a' b'* schliesst das lockere Bindegewebe *c*, welches daselbst *c'* eine bedeutende Breite erlangt, ab, und ist daher offenbar sehr stark ausgedehnt. Die Sclerotica besteht folglich daselbst fast ausschliesslich aus einem dünnen Bündel *a' b'*, welches von den beiden Nervenscheiden stammt, und dieses Bündel ist nach vorne von der vollständig atrophischen, pigmentlosen Chorioidea *d'* bedeckt. Es scheint, dass der Nerv, welcher hier an der oberen Seite eine, vielleicht zufällige, Verdickung zeigt, nachdem die Fasern ihre Markscheiden verloren, noch dünner, als in normalen Fällen ist, und so durch eine engere Oeffnung der Chorioidea nach innen tritt, manchmal in schiefer Richtung, um sich unmittelbar darauf als Netzhaut *n n* über die vordere Fläche der atrophischen Chorioidea auszu-

breiten. In den lehrreichen Zeichnungen von v. Jaeger [1]), deren eine ich hier (Fig. 148) wiedergegeben habe, ist ein grosser Theil der Bindegewebsscheide nicht allein nach oben ausgebreitet, sondern es streicht ein Ende derselben auch zwischen den Schichten der Sclerotica fort. Von Jaeger bemerkt ferner, dass das innere Ende des Nerven, indem sich seine Fasern frühzeitig umbiegen und ausbreiten, gleichsam ins Auge hineingezogen erscheint: es scheinen sich in Fig. 148 (nach Jaeger) die Lamina cribrosa

Fig. 148.



und die Stelle, wo die Nervenfasern ihre Markscheiden verlieren, wirklich der Netzhaut genähert zu haben.

Die Netzhaut hat im Allgemeinen ihr normales Aussehen. Es ist schwer zu sagen, ob sie an einer oder der andern Stelle mehr oder weniger verdünnt sei, aber so viel ist sicher, dass die Atrophie in dieser Membran nicht mit der in der Sclerotica und Chorioidea verglichen werden kann. Der gestreckte Verlauf der Gefässe, welchen man schon mit dem Augenspiegel sieht, kann leicht nachgewiesen werden; in wie weit aber das eigentliche Gewebe verändert ist, ist schwer zu sagen. Coccius [2]), welcher die Netzhaut bei Staphyloma scleroticae in Folge von Chorioiditis postica häufig untersuchte, fand, mit Ausnahme einiger leerer Stellen in der hintern Schichte (der Stäbchen- und Zapfenschichte), keine Veränderungen in derselben. H. Müller [3]) glaubt in einem Falle das Gewebe lockerer gefunden zu haben; aber er setzt selbst hinzu, dass man in seinem Urtheile über diesen Punkt besonders vorsichtig sein müsse. Ich finde in meinen Aufzeichnungen, dass sich beim Isoliren der Netzhaut die Oberfläche des Nerven an der Papille sehr leicht von der Lamina cribrosa ablöste und mit der Netzhaut verbunden blieb; dass im ziemlich frischen Auge die Macula lutea manchmal kaum sichtbar war; dass die Falte um die Macula lutea wie gewöhnlich gebildet erschien; dass die Faserschichte sich normal zeigte; dass bei Durchschnitten von gehärteter Retina alle Schichten mit Ausnahme der Stäbchenschichte wunderschön zu sehen waren; dass an den Schnittenden Radialfasern mit anhängenden Körnern aus beiden Körnerschichten schon isolirt vorkamen; dass in der Gegend des gelben Fleckes die verschiedenen Zellenschichten sehr

---

[1]) Ueber die Einstellungen etc. Wien, 1861, Tab. I und II.
[2]) Ueber Glaucom etc. Leipzig, 1859, p. 40.
[3]) Verhandlungen der phys. med. Gesellschaft. Würzburg, B. XI, p. LIII, 1859.

deutlich zu sehen waren, und dass man bei Betrachtung der frisch entfernten Netzhaut an ihrer äussern Oberfläche gewöhnlich ein ziemlich gutes Bild der Stäbchen- und Zapfenschichte, welche in der gewöhnlichen Weise isolirt werden konnte, erhielt. Aber über das, was hier besonders von Wichtigkeit ist: in wie weit nämlich diese percipirenden Elemente krankhaft verändert sind, in wie weit sie mehr von einander getrennt sind, als im normalen Auge, wie sich die Stäbchen in der Macula lutea, und besonders in der Fovea centralis, bei hohen Graden von Atrophie verhalten, — über alle diese Punkte kann ich mich nicht mit Sicherheit aussprechen.

In Betreff des Glaskörpers habe ich blos anzuführen, dass er bei hohen Graden von Staphyloma posticum flüssig und nicht vollständig durchsichtig ist. Die in demselben vorhandenen Flöckchen haben ein fasriges, granulirtes Aussehen, ohne deutliche Structur.

Wenn wir uns nun bestreben, aus den bis jetzt beobachteten Thatsachen eine Vorstellung über die Entwicklung des Staphyloma posticum zu gewinnen, so wird der Sehnerv mit den Augenhäuten und die Papille selbst vor Allem unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Wir haben, nach den Ergebnissen der Augenspiegeluntersuchung, in diesen Theilen den Beginn der Erkrankung zu suchen, und die Anatomie widerspricht wenigstens in vielen Fällen dieser Anschauung nicht. Wir müssen daher annehmen, dass in diesen Fällen die Disposition darin besteht, dass die Sclerotica in der Nähe des Sehnerven, besonders an seiner Aussenseite, nachgiebiger ist, und dass durch ihre Ausdehnung die äussere Sehnervenscheide bald ein wenig vom Nerven entfernt, und die Bindegewebsscheide dadurch breiter wird (vergl. Figg. 146 *c'* und 147 *c'*). Sobald diess geschieht, muss die dünne Lage Scleroticalgewebes *b'*, welche vor der erwähnten Scheide liegt, noch viel mehr verdünnt werden, und dasselbe gilt von der Chorioidea *d'*, welche mit der Sclerotica verbunden ist, und mit der erwähnten fibrösen Schichte die sogenannte Lamina cribrosa zwischen den Nervenbündeln bildet. An der Seite der Papille ruht daher jetzt die Netzhaut auf der ausgedehnten und verdünnten Chorioidea und Sclerotica, welche weiter nach hinten jeder Stütze entbehren. Erst wenn wir etwas weiter nach aussen kommen, sehen wir die äussere Sehnervenscheide *a'* die Sclerotica verstärken.

Mit dieser Ausdehnung in der unmittelbaren Nachbarschaft des Sehnerven scheint die Entstehung des atrophischen Halbmondes wirklich in Zusammenhang zu stehen: die Chorioidea *d'* ist hier in doppelter Weise mit dem Nerven verbunden, einmal unmittelbar durch die Fasern, welche sich zwischen den Nervenbündeln fortsetzen, das anderemal mittelbar durch den Zusammenhang mit der innern Nervenscheide. An den Grenzen dieser Verbindung hören die Gefässe auf; es muss daher bei einiger Ausdehnung sogleich eine Stockung der Circulation an den äussersten Verzweigungen der Choriocapillaris auftreten, und in dieser Weise die Bedingung für beginnende Atrophie gegeben sein.

Etwas Aehnliches finden wir beim Entstehen des Lungenemphysems durch Atrophie der am meisten ausgedehnten Lungenbläschen, welche hierbei endlich auch sowohl ihr capilläres Netzwerk, als ihr Pigment verlieren. Hat die übermässige Ausdehnung einmal begonnen, und ist dadurch der

Widerstand verringert worden, so wird es viel unwahrscheinlicher erscheinen, dass der Zustand stationär werden wird, als dass er sich progressiv entwickelt; und wirklich ist es Regel, dass die Atrophie der Chorioidea mehr und mehr fortschreitet, ohne dass die Sehachse, bei leichten Graden von Staphylom, nothwendiger Weise andauernd länger und länger würde. Die Ausdehnung am Rande des Sehnerven greift oft nur an einer Seite, und zwar hauptsächlich an der äussern, Platz, und es hält der atrophische Halbmond auf derselben Seite mit ihr Schritt. Die Zahl meiner Beobachtungen ist nicht genügend gross, um mich in die Lage zu versetzen, eine positive Meinung zu äussern,— aber es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass, wenn der Scheitel des Staphyloms nahezu in den Sehnerven fällt, die äussere Scheide nach allen Seiten des Nerven nachgegeben hat, und dass diesem Verhältnisse die ring- und kreisförmige Atrophie der Chorioidea entspricht; in dem Auge, dem die Fig. 147 entnommen ist, war die Atrophie wirklich eine kreisförmige. Wenn, wie diess gewöhnlich der Fall ist, der Scheitel des Staphyloms an der Aussenseite des Sehnerven liegt, so wird die Atrophie der Chorioidea ebenfalls besonders an dieser Seite gefunden, und schon die Thatsache, dass der gelbe Fleck, welchem der Scheitel des Staphyloms oft entspricht, nach aussen und etwas nach unten von der Papille liegt, und dass die Achse des atrophischen Halbmondes sich gewöhnlich ebenfalls in dieser Richtung ausdehnt, zeigt sehr deutlich, dass zwischen dem in Frage stehenden Scheitel und der Richtung, in welcher die Atrophie der Chorioidea fortschreitet, ein Zusammenhang besteht. Ob die scharf umschriebene Atrophie der Chorioidea nicht weiter reicht, als über das ausgedehnte Bindegewebe *b'*, kann ich nicht entscheiden. Von Jaeger gibt selbst keine derartige innige Verbindung zu und behauptet, dass die Richtung der Atrophie manchmal nicht jener Seite entspreche, nach welcher die Zellgewebsscheide nachgegeben hat. — Was das durch den Augenspiegel zu beobachtende Schmälerwerden der Papille in der auf die Achse des Halbmondes senkrechten Richtung betrifft, so kann ich davon keine genügende Erklärung geben. Vielleicht spielt die Verästlung des Gefässkranzes um den Sehnerven dabei eine Rolle. — Bei den gewöhnlichen Fällen, wo der Sehnerv nicht im Scheitel des Staphyloms liegt, kann die Frage entstehen, ob die Ausdehnung nicht vielmehr in der Gegend des gelben Fleckes beginnen könne und und nur secundär der Aussenseite der Papille mitgetheilt werde. Diese Ansicht ist um so zulässiger, als hiedurch nicht nur die Lage des Sehnerven an der Innenseite des Ellipsoides erklärt sein würde, sondern auch der Umstand, dass bei sehr jungen Individuen mit verhältnissmässig hochgradiger Myopie, die halbmondförmige Atrophie der Chorioidea oft noch ganz fehlt oder doch nur sehr geringfügig ist. Wir können uns auch leicht vorstellen, auf welche Art eine Ausdehnung in der Gegend des gelben Fleckes zum Entstehen von Atrophie Veranlassung geben kann. An der Macula lutea ist die Chorioidea, welche daselbst an Pigment überreich ist, viel inniger mit der Sclerotica verbunden, als anderwärts. Geben nun hier die Häute nach rückwärts nach, so wird die Ausdehnung eine nach allen Seiten hin gleichmässige sein, und die Chorioidea wird überdiess um so leichter ihre Verbindung mit der Sclerotica beibehalten, da sie ebendaselbst am innigsten mit ihr vereinigt ist. Dehnt sich nun auch die Sclerotica in der Richtung des Sehnerven nach und nach aus, so muss die Chorioidea über dieser Stelle sehr gespannt werden, denn wir können

die Macula lutea und den äussern Rand der Papille als zwei fixe Punkte betrachten; es wird daher die Chorioidea an ihrer Anheftung an der Aussenseite der Papille besonders stark gezerrt, und es kann uns, wenn wir bedenken, dass genau an dieser Grenze die meisten Chorioidealgefässe endigen, die Entstehung von Atrophie durch Ausdehnung nicht überraschen; es ist selbst wegen der Richtung der Spannung leicht einzusehen, warum die Atrophie grade die halbmondförmige Gestalt annimmt. Die Atrophie wird an dieser Stelle noch befördert, sobald in der unmittelbaren Nachbarschaft des Nerven die Sclerotica ausgedehnt wird, und dadurch die äussere Scheide des Sehnerven nach aussen nachgibt. Dieses Nachgeben kann fast ohne Ausnahme nachgewiesen werden und wird von der nothwendigen Folge begleitet, dass der arterielle Gefässkranz, welcher um den Sehnerven in der Sclerotica auftritt und einen mittelbaren Zusammenhang zwischen dem Gefässsysteme der Chorioidea einerseits und dem des Sehnerven und der Netzhaut andererseits herstellt, wie v. Jaeger[1]) gezeigt hat, vom Nerven entfernt wird. Im Ganzen wird die äussere Hälfte der Sclerotica mehr ausgedehnt, als jener Theil, welcher an der Innenseite des Nerven liegt, und sie ist daher an dieser Stelle im Allgemeinen auch dünner. Hiemit steht das Factum in Verbindung, dass, wie wir schon gesehen (vergl. p. 155), der gelbe Fleck gegen die Innenseite rückt, so dass er mitunter selbst jenseits der Hornhautaehse zu liegen kommt, wobei dann die Sehlinie die Hornhaut an der Aussenseite ihrer Achse schneidet. Dass bei dieser Ausdehnung die Atrophie nicht ebenso leicht nach aussen von der Macula lutea im vordern Absehnitte der Chorioidea auftritt, wie an der Innenseite, ist durch die grosse Ausdehnbarkeit der Chorioidea in dieser Richtung leicht erklärt. Ueberdiess scheint sie sich nach und nach auch ein wenig über die Fläche der Sclerotica zu verschieben; wenigstens glaube ich, dass das Zurückweichen der Iris, der Ciliarfortsätze und der Chorioidea, sammt dem Ciliarmuskel in jenen Fällen, wo der vordere Abschnitt der Sclerotica fast seine normale Dicke beibehalten hat, auf diese Art erklärt werden muss. Es kommt jedoch überall mehr oder weniger Ausdehnung der Chorioidea vor, und dass diese Veranlassung zu diffuser Atrophie und zur Verminderung der Elasticität der Chorioidea geben muss, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung. Ich glaube, dass dem durch die Elasticität bedingten Widerstande der Chorioidea eine gewisse Bedeutung beigemessen werden muss. Wenn man einen Durchschnitt durch alle Augenhäute im Zusammenhange macht, so bemerkt man, dass sich die Chorioidea zurückzieht und die Sclerotica am Schnittrande blos liegen lässt. Diess beweist zunächst, dass die Chorioidea von ihrer Stelle verrückt werden kann, und sodann, dass sie gespannt ist. Während des Lebens ist die Spannung in Folge der Blutfülle ihrer Gefässe, und des Tonus der Gefässe und der hie und da zerstreuten Muskelfasern[2]) ohne Zweifel noch

---

[1]) l. c. p. 52.— Vergl. auch: Leber. Anatomische Untersuchungen über die Blutgefässe des menschlichen Auges. Wien. 1865. p. 22. Taf. V. Fig. 1.

[2]) H. Müller (Verhandlungen der phys. med. Gesellschaft. Würzburg, B. X, p. 179) hat diese Muskelfasern entdeckt, und ebenso Ganglienzellen in der Chorioidea, von deren Dasein sich Kölliker in den Müller'schen Praeparaten überzeugt hat. Auch Schweigger's Praeparate schienen mir beweisend zu sein.

grösser. In Folge dieser Spannung trägt sie einen Theil des Druckes der Augenflüssigkeiten, welcher alsdann nicht mit voller Kraft auf die Sclerotica wirken kann, und es ist einleuchtend, dass, wo ein atrophischer Zustand eingetreten ist, der die Chorioidea in eine dünne, spröde Membran verwandelte, der volle Druck auf die ohnediess schon ausgedehnte Sclerotica übertragen wird. In Folge dessen wird auch ein in seiner Entwicklung schon ziemlich vorgerücktes Staphylom nicht leicht stationär, besonders da der Druck der Flüssigkeiten im myopischen Auge im Allgemeinen etwas vermehrt ist. Daher machen auch bei einem Staphylome die Blutgefässe und die Unebenheiten der Chorioidea, sowie die verlängerten, aber nicht leicht atrophirenden Ciliarnerven*), tiefe Eindrücke auf der Innenfläche der atrophischen Sclerotica. Das hat mehr denn einmal meine Aufmerksamkeit erregt. Es können überdiess verschiedene Umstände dazu beitragen, dass in einem Falle an einer, in einem zweiten an einer andern Stelle die Ausdehnung und mit ihr die Atrophie besonders gross wird. In der Gegend der Macula lutea erreicht sie vorzugsweise häufig ihr Maximum, da gewöhnlich der Scheitel des Ellipsoides sich daselbst befindet. Von dieser übermässigen Ausdehnung hängen auch die oben beschriebenen localen Veränderungen hauptsächlich ab, und unter denselben leidet die Function der Netzhaut. Es ist leicht einzusehen, obwohl es bis jetzt noch nicht durch genaue mikroskopische Untersuchungen erwiesen wurde, dass unter solcher Ausdehnung die äusserste Netzhautschichte, welche aus radiär gestellten sehr kleinen Zapfen besteht, leiden müsse; dass diese Zapfen mindestens von einander getrennt, unregelmässig vertheilt und verkrümmt werden müssen, und dass sie leicht ganz zerstört werden können. Auch in den übrigen Theilen der Retina schienen, wie wir schon gesehen, Zapfen und Stäbchen mehr von einander getrennt zu sein. Dass hingegen in der Faserschichte geringe oder gar keine Störungen vorkommen, wird nicht befremden, wenn wir bedenken, wie gut im Allgemeinen die Structur und Function der Nerven einer Ausdehnung durch Geschwülste oder durch andre Ursachen Widerstand leisten. Wo lebendiger Stoffwechsel ist, dort tritt eine Formveränderung während der molecularen Veränderung viel leichter ohne Störung ein, als in festen fibrösen Theilen; in dieser Hinsicht ist die Netzhaut gegen die Sclerotica sehr im Vortheil.

Die Veränderungen im Glaskörper können einen verschiedenen Ursprung haben. Sie können durch Blutextravasate bedingt sein, welche bei noch so vollständiger Resorption nie wieder einen vollkommen klaren Glaskörper zurück lassen. Die Trennung des bis jetzt noch so schlecht erklärten Zusammenhangs des Glaskörpers gibt zu Trübungen Veranlassung, wie wir diess bei traumatischen Anlässen und bei Gegenwart von fremden Körpern sehen. So wurde in einem von meinem Assistenten (Dr. Brondgeest) ausgeführten Experimente ein dünner Kautschukfaden mittelst einer Nadel in der Gegend des Aequators quer durch das Auge eines Kaninchens geführt, dann durch Anziehen an den Enden stark angezogen und in diesem ausgedehnten Zustande an beiden Seiten knapp am Auge abgeschnitten. Der Kautschukfaden

*) Vergl. auch Heymann im Arch. f. Ophth. II, 1, 131.

zog sich darauf zu einem kleinen Körperchen zusammen, welches mit dem Augenspiegel im Centrum des Glaskörpers sichtbar war, und um dasselbe entwickelte sich eine beträchtliche Trübung, während die kleine Wunde in den Häuten regelmässig vernarbte. Nun verursacht die beträchtliche Ausdehnung des Glaskörpers bei Staphyloma posticum wahrscheinlich auch Zerreissung oder wenigstens Synchyse desselben, und es ist in Folge dessen einige Trübung zu erwarten*). Endlich wirkt sicherlich in manchen Fällen auch ein Reizungs- oder Entzündungszustand der Netzhaut und der Chorioidea mit.

Wir haben uns nun einem wichtigen Punkte genähert. Es ist diess die Frage, in wie weit das Staphyloma posticum mit Entzündung in Verbindung steht. Es ist bekannt, dass zuerst v. Graefe sich den praktischen Begriff einer Sclerotico-chorioiditis posterior auf das Staphylom anwendbar dachte, dass er jedoch bei zwei Augen, welche er anatomisch zu untersuchen die günstige Gelegenheit fand, vergebens nach Beweisen einer vorangegangenen Entzündung forschte. Von Graefe's Meinung wurde von verschiedenen Seiten bekämpft. Stellwag von Carion hing gleich anfangs einer andern Ansicht an, und Ed. v. Jaeger folgte ihm bald in derselben. Nach ihnen ist das Staphyloma posticum blos das Resultat eines angebornen Zustandes, und die damit verbundene Atrophie nimmt nach v. Jaeger mit dem Wachsen des Augapfels selbst zu, bis sie endlich, bei einem gewissen Punkte angelangt, oft stationär wird. In dieser Behauptung liegt wirklich etwas Wahres. Soviel steht fest, dass das Staphyloma posticum nicht einfach als Resultat von Sclerotico-chorioiditis betrachtet werden kann, und dass es sich ohne Anlage, und zwar gewöhnlich hereditärer Natur, nicht leicht entwickelt. Ueberdiess muss auch zugegeben werden, dass ein Staphyloma posticum ohne Symptome von Reizung oder Entzündung einen ziemlich hohen Grad erreichen kann. Andererseits aber steht es ausser Zweifel, dass die krankhafte Ausdehnung oft zu Reizung und Entzündung führt, und dass durch Erweichung der Häute die Bedingung zu rapider Entwicklung gegeben wird. Es scheint mir ein Irrthum zu sein, wenn man ein Auge mit Staphyloma posticum, wenn auch nur mit einfacher Atrophie verbunden, nicht für krank hält, ein viel grösserer ist es aber, den Umstand zu übersehen, dass bei hochgradiger Entwicklung desselben sich fast ohne Ausnahme Symptome der Reizung einstellen, welche die Integrität des Sehvermögens bedrohen. Von Jaeger's Zweifel, ob Chorioiditis disseminata häufiger in myopischen Augen vorkomme, als in andern, überrascht mich wahrlich. Bei hohen Graden von Myopie ist in einem gewissen Lebensalter diese Form der Entzündung Regel. In dem Fortschreiten des Krankheitsprocesses liegt der Grund der Entzündung, welche also nicht als ein neuer Zustand betrachtet werden kann, sondern sich gewöhnlich schon in einer frühen Periode durch mehr oder weniger ausgesprochene Reizungserscheinungen bemerkbar macht. Sind doch in der Jugend, selbst bei leichten Graden von Myopie, wie auch Hasner beobachtete, gewöhnlich schon Symptome von Reizung vorhanden; und die ophthalmoskopische Untersuchung zeigt uns dann capilläre Röthung der Papille, und zwar, was bemerkenswerth ist, manchmal blos in einer Hälfte derselben. Wahrscheinlich besteht in diesem Falle, in Folge von Zerrung des Chorioi-

*) Vergl. über diesen Gegenstand auch Hasner, l. c. p. 21.

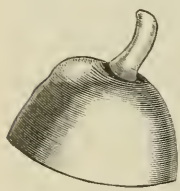
dealringes und der Lamina cribrosa, eine geringe mechanische Reizung, vielleicht selbst Druck auf die kleinen Bündel des Sehnerven. Späterhin, sobald die Ausdehnung stärker und die Spannung ungleichmässiger wird, nehmen auch die Erscheinungen der Reizung zu, und es entsteht an den Grenzen der umschriebenen Atrophie Hyperaemie, welche uns zeigt, dass die Chorioidea, bevor sie atrophirt, ein Stadium der Reizung durchmacht. Ich kann daher das Vorhandensein genau bestimmter Grenzen zwischen der Weiterentwicklung des Halbmondes und dem Vorkommen der entfernteren atrophischen Stellen, welche letztere v. Jaeger allein als Produkte der Entzündung betrachtet, nicht zugeben. Selbst die reichliche Ablagerung von Pigment an den Grenzen des Halbmondes, welches beim Fortschreiten der Atrophie wieder resorbirt wird, um abermals weiter nach aussen abgesetzt zu werden, spricht zu Gunsten eines Stadiums der Reizung. In einer spätern Periode werden auch die subjectiven Erscheinungen mehr charakteristisch, und es bilden sich an verschiedenen Stellen des Augengrundes atrophische Flecken, denen Entzündungssymptome vorangehen. Chorioiditis disseminata ist, ich wiederhole es, bei den höchsten Graden von Myopie im vorgerückteren Alter mit der normalen Entwicklung der Atrophie verknüpft. Unser Schlusssatz lautet daher kurz, wie folgt: — Es besteht fast ohne Ausnahme die Praedisposition zur Entwicklung eines Staphyloma posticum schon bei der Geburt; dasselbe entwickelt sich unter Symptomen der Reizung, die jedoch bei mässigen Graden keine grosse klinische Bedeutung erreichen; bei höhern Graden tritt aber fast immer ein entzündlicher Zustand, wenigstens in etwas vorgeschrittenen Jahren ein, und diese Entzündung ist das Resultat und zugleich die mitwirkende Ursache für das Weiterschreiten der Ausdehnung und der Atrophie.

Diese Schlussfolgerung steht sicher nicht im Widerspruche mit dem Umstande, dass wir nach dem Tode so wenig Produkte der Entzündung vorfinden. Denn diese Produkte gehen, so wie das normale Gewebe, in den Zustand der Atrophie über. Auf diese Weise atrophiren Pseudomembranen, wie wir diess bei Synechien der Iris, bei Adhaesionen der Pleura und an andern Orten sehen, und werden resorbirt, sobald sie ausgedehnt werden. Auch auf der Linsenkapsel bleibt manchmal von den entzündlichen Produkten der Iritis nichts übrig, als einzelne Pigmentflecken. Beim Staphyloma posticum besteht die Entzündung gleichsam als Uebergangsstadium zur Atrophie. Dass im Allgemeinen keine Verwachsungen der Membranen vorkommen, lässt sich ebenfalls mit unserer Ansicht leicht vereinen. Adhaesionen werden übrigens in einzelnen Fällen gefunden, und es ist fraglich, ob die Abtrennung im Allgemeinen so schwierig auszuführen wäre, wenn nicht die Chorioidea, bevor sie in die atrophische Form übergeht, mit parenchymatösem Exsudate durchtränkt wäre. Uebrigens zeigt, wie H. Müller*) constatirte, das Gewebe der Chorioidea bei Staphyloma posticum in seinen Intervascularräumen Anhäufungen von Zellen, welche Müller als günstig für die Annahme einer voraufgegangenen Entzündung betrachtet. Endlich kann die Analogie mit Staphyloma anticum, welches augenscheinlich das Resultat einer Entzündung ist, nicht geläugnet werden.

*) Verhandlungen der phys. med. Gesellschaft. B. IX, p. 53, 1859.

Eine andere, wichtige Frage ist aber, worin die Praedisposition für das Staphyloma posticum bestehe. Die Frage scheint bis jetzt noch nicht befriedigend gelöst zu sein, ich wenigstens habe über diesen Gegenstand noch keine entschiedene Ansicht. Die relative Zahl von Erwachsenen, bei welchen wir einen höhern oder geringeren Grad von Atrophie ophthalmoskopisch beobachten können, ist bei weitem grösser, als die der Kinder. Von Jaeger behauptet zwar mit vollkommenem Rechte, dass man bisweilen schon bei ganz kleinen Kindern etwas von der Atrophie sehen könne; ja ich nehme selbst gerne an, dass er in einzelnen Fällen auch schön geformte, charakteristische, spitze Conus bei neugeborenen Kindern, im Leben sowohl, wie im Leichname gefunden haben mag. Regel bleibt es aber doch, dass wir gewöhnlich auch dort nichts derartiges sehen, wo sich in späterer Zeit Atrophie bemerkbar macht, und wo eine hereditäre Anlage dazu aller Wahrscheinlichkeit nach schon vorhanden war. Diess führt uns, wie ich glaube, zu dem Schlusse, dass in solchen Fällen der Widerstand an der Aussenseite des Sehnerven von Anfang an schon geringer war, als im nicht praedisponirten Auge. Diese Praedisposition wurde nun mit der Entwicklungsgeschichte des Auges in Verbindung gebracht. Wenn wir die Zeichnung im Archiv für Ophthalmologie (B. IV, 1. 39) betrachten, welche von Ammon von Protuberantia scleralis gibt, die er schon fünfunddreissig Jahre früher als einen im foetalen Auge vorkommenden Zustand beschrieben, und welche wir in Fig. 149 wiedergeben, so drängt sich uns allsogleich die Gestalt des Staphyloma posticum auf. Von Ammon zeigt, dass in einer frühen Zeit des Foetallebens die Sclera gegen die Hirnseite zu noch offen sei; dass sie dann die Form eines Bechers habe und durch eine ovale Oeffnung mit der vordern Hirnzelle communicire. Diese Oeffnung wird durch ein von den Rändern kommendes Gewebe geschlossen, und wenn das Auge grösser wird, so bildet dieses hinzugetretene Gewebe die in Frage stehende Protuberanz, welche anfangs nach abwärts gerichtet ist, sich jedoch später nach rück- und auswärts wendet, so wie sie in der Figur dargestellt ist. Von Ammon fügt hinzu, dass die verschiedenen Häute die besagte Oeffnung ziemlich zur selben Zeit schliessen. Zunächst wurde mit diesem Entwicklungsgange das Coloboma chorioideae in Verbindung gebracht, welches als ein Mangel der Chorioidea, von der Papille ausgehend, sich nach abwärts entweder in kleinem Umfange ausbreitet, oder durch die ganze Chorioidea erstreckt und sich endlich selbst mit einem Coloboma iridis verbinden kann.*) Wir haben daher hier eine gewöhnliche Hemmungsbildung vor uns, und als solche fassen Stellwag von Carion und Ed. von Jaeger auch die Disposition zu Staphyloma posticum, und in gewissem Sinne das Staphyloma posticum selbst auf. Der Entwicklungsstillstand ist hiebei nur viel geringer und würde auf ein geringes Ueberbleibsel der Protuberantia scleralis beschränkt bleiben können. Die Richtung der Atrophie entspricht in der That der Richtung der schon vollkommen geschlossenen Protuberantia scleralis.

Fig. 149.



*) Vergl. Liebreich, Arch. f. Ophth., B. V, 2, 241. und Atlas der Ophthalmoskopie, Tab. XII, Fig. 5; ferner Nagel, Arch. f. Ophth., B. VI, 1, 170.

Wie ich schon bemerkt habe, bin ich aus Mangel eigener Beobachtungen nicht in der Lage, eine Ansicht über diesen Gegenstand auszusprechen. Ich fühle mich jedoch veranlasst zu bemerken, dass hauptsächlich die oben entwickelte Idee Stellwag von Carion und Ed. von Jaeger dazu veranlasst zu haben scheint, die erworbene Myopie als einen besondern Zustand zu betrachten, und von der Annahme auszugehen, dass die angeborene Myopie in keiner Weise mit dem Gebrauche der Augen zusammenhänge, und dass sie gleichmässig in allen Schichten der Gesellschaft vertheilt sein müsse. Gegen diese Ansicht habe ich schon oben (p. 295) meine Einwendungen ausgesprochen, und werde ich auf dieselben noch wieder zurückkommen. An dieser Stelle kann ich jedoch nicht umhin zu bemerken, dass, wenn der Zusammenhang mit der Protuberantia scleralis wirklich existirt, und wenn das angeborne Staphyloma, sowie die Praedisposition dazu, als Entwicklungsstillstand aufgefasst werden muss, diese Ansicht meine Behauptung, dass ein ungebührlicher Gebrauch der Augen das Entstehen von Staphyloma posticum befördere, nicht entkräftet. Es steht in der That fest, dass, wenn die Augen bei geringer Praedisposition viel zu feinen Arbeiten verwendet werden, das Staphyloma posticum sich stärker entwickelt, und directe Erfahrung sowohl, als Analogie, zeigen uns, dass in einem solchen Falle die Wahrscheinlichkeit der Uebertragung, selbst in einem höhern Grade, grösser ist, als wenn das Staphyloma nicht unter begünstigenden Umständen in einen Zustand höherer Entwicklung versetzt wurde.

§ 29. Das Sehen der Myopen.

Das Sehen der Myopen ohne Brillen, und nur von diesem will ich hier sprechen, ist dadurch charakterisirt, dass Myopen verhältnissmässig weniger scharf in der Ferne sehen, als in der Nähe. Wir wissen bereits, dass diess von den Zerstreuungskreisen herrührt, welche die von jedem entfernten Punkte ausgehenden Strahlen auf der Netzhaut entwerfen. Myopen haben einen Fernpunkt, und die Strahlen, welche von einem daselbst gelegenen Punkte ausgehen, können auf der Netzhaut in einem Punkte zur Vereinigung gelangen; was aber die entfernter gelegenen Punkte betrifft, so werden die Zerstreuungskreise um so grösser, und folglich das Sehen um so undeutlicher, je grösser die Entfernung ist. Bei geringen Graden von Myopie ist diese Ungenauigkeit so unbedeutend, dass die mit ihr behafteten Personen sie gar nicht bemerken und erst beim Gebrauche von schwachen Concavgläsern wahrnehmen, dass sie durch dieselben deutlicher in die Ferne sehen und also kurzsichtig sind. Bei so leichten Graden bringt die Myopie keine Beschwerden mit sich. Gegenüber dem Nachtheile, dass das Sehen in grosser Entfernung nicht vollkommen genau ist, haben die Myopen den Vortheil, dass bei gleichbleibender Accommodationsbreite kleinere Gegenstände näher ans Auge gebracht werden können, und daher auch wegen des grössern Schwinkels besser unterschieden werden, und dass, wenn bei vorgerücktem Alter die Accommodationsbreite abnimmt, dennoch die gewöhnliche Arbeit länger ohne Brillen ausgeführt werden kann. Selbst bei einer Myopie von $^1/_{18}$, bei welcher noch aus achtzehn Zoll Entfernung genaue Bilder erhalten werden, ist die Refractionsanomalie für die meisten Arbeiten mit keinerlei Beschwerden verbunden. Bei höheren Graden

haben Myopen, wenigstens in der Jugend bei vollkommener Accommodation, Neigung sich den Gegenständen mehr als nöthig zu nähern und so, besonders bei sitzender Arbeit, eine gebeugte Körperstellung anzunehmen. Ist die Myopie bis $^1/_{10}$ oder $^1/_8$ gestiegen, so geschieht diess ohne Ausnahme, und zwar in desto grösserem Maasse, je höher der Grad der Myopie ist. Bei zunehmender Myopie steigt auch die Neigung, sich mit kleinen Gegenständen zu beschäftigen. Derart erkrankte Individuen lesen mit Vorliebe kleinen Druck; sie gewöhnen sich eine feine Handschrift an und vermeiden gern lange Zeilen. Es ist klar, dass sie dadurch fähig sind auf einmal mehr zu übersehen, und dass sie z. B. nicht nöthig haben, beim Lesen die Augen und den Kopf so viel zu bewegen, als wenn sie breite Seiten und grosse Buchstaben vor sich hätten. Erst wenn die Gegenstände in demselben Verhältnisse, wie die Entfernung geringer wird, an Grösse abnehmen, stehen die Myopen mit den Nicht-Myopen auf gleichem Standpunkte, und unterscheiden diese Gegenstände bei gleicher Sehschärfe gleich gut. Jedoch ist, wie wir später genauer sehen werden, bei den höchsten Graden von Myopie die Sehschärfe unvollkommen, und obwohl solche Myopen noch immer kleine Gegenstände besser unterscheiden, als Nicht-Myopen, so müssen dieselben doch im Verhältnisse zur Entfernung etwas grösser sein. Ueberdiess ist es sehr unbequem, dass die gebeugte Haltung und, wenn das binoculäre Sehen nicht geopfert werden soll, eine starke Convergenz der Sehachsen nicht vermieden werden können, eine Unbequemlichkeit, welche insofern mit wirklichem Nachtheile einhergeht, als dadurch die weitere Entwicklung der Myopie befördert wird.

Viel grösser ist bei diesen hohen Graden von Myopie noch die Beschwerde des Undeutlichsehens in die Ferne. Der Emmetrop kann sich davon eine Vorstellung machen, wenn er ein starkes Convexglas vor das Auge hält, und wird überrascht sein, wie geduldig sich gewöhnlich die Myopen in ihr Schicksal ergeben. Zugleich werden ihm aber viele Eigenthümlichkeiten der Myopen, die sich nicht frühzeitig an Brillen gewöhnt haben, nicht länger ein Räthsel sein.

Die Zerstreuungskreise beim Sehen in die Ferne sind grösser, weil bei Myopen, wie diess schon Porterfield und Jurin bemerkt haben, der Durchmesser der Pupille im Allgemeinen grösser ist, als bei Nicht-Myopen, und die Zerstreuungskreise dieser Grösse proportional sind. Darum sehen auch Myopen bei Mydriasis ausnehmend schlecht in die Ferne. Darum sehen sie bei hellem Lichte entfernte Gegenstände um Vieles deutlicher und unterscheiden in vorgerückterem Alter, trotzdem der Grad ihrer Myopie unverändert geblieben, viel genauer in der Ferne, was Viele mit Unrecht zu der Annahme veranlasst, dass der Grad ihrer Myopie abgenommen habe. Myopen sehen daher auch über ihren Fernpunkt hinaus viel genauer, wenn sie durch eine enge Oeffnung blicken, und wir werden später sehen, dass bei den höchsten Graden von Myopie von dieser Thatsache sogar eine praktische Anwendung gemacht wird. Auch durch das Extract der Calabarbohne, welches in Lösung ins Auge geträufelt die besondere Eigenschaft hat, die Pupille zu verengern, lässt sich dieser Zweck erreichen. Bei geringer Einwirkung dieses Mittels wird die Pupille enger, ohne dass die Myopie zunimmt, und selbst bei mächtigerer Wirkung desselben kehrt der Fernpunkt, welcher sich anfangs dem Auge nähert, binnen einer Stunde an seinen frühern Ort zurück.

Unter den älteren Gelehrten finden wir viele Myopen. Zu diesen gehört Dechales*), ein Jesuit aus dem siebenzehnten Jahrhundert, welcher viele Eigenthümlichkeiten der Myopen mit bewundernswerther Genauigkeit beschrieben hat. In der Kirche sah er sehr entfernte kleine Flammen als runde Zerstreuungskreise und studirte an denselben sein entoptisches Spectrum, das er vollkommen verstand. Auch war er sich dessen bewusst, dass Myopen durch eine enge Oeffnung viel genauer sehen, und erklärte dieses Factum sehr richtig durch die Verkleinerung der Zerstreuungskreise, und in Betreff des Einflusses, den die Verengerung der Lidspalte ausübt, bringt er einige Details, welche wir selbst bei späteren Schriftstellern vermissen. So bemerkt er in Bezug hierauf, dass dabei eigentlich blos die verticale Ausdehnung der Zerstreuungskreise abnehme, und also horizontale Linien besser gesehen werden, dass aber auch die horizontale Ausdehnung verticaler Linien durch die Cilien in mehrere Theile getheilt werde, so dass nahe neben einander eine Anzahl von Bildern gesehen werden, deren eines sich gewöhnlich durch besondere Klarheit auszeichnet. Manche Myopen gewöhnen sich so sehr daran die Lidspalte zu verengern, dass diess ihrer Physiognomie eigenthümlich wird, und dass sie selbst dann dabei verharren, wenn der Gebrauch von Concavgläsern es überflüssig gemacht hat. Diess erinnert an die manchmal selbst nach eingetretenem Schielen noch fortbestehende, unwillkührliche Accommodationsanstrengung bei jungen Individuen, deren Hypermetropie durch ein Convexglas corrigirt worden ist. Das ungenaue Sehen bei starker Myopie, selbst in kleiner Entfernung, hat eigenthümliche Folgen. Wer daran leidet, fixirt selten die Personen, mit denen er spricht, weil er ihre Gesichtszüge doch nur ungenügend ausnimmt; er hat im Allgemeinen keine genaue Vorstellung von dem Eindrucke, den seine Person und seine Worte auf Andere machen, und daher entwickelt sich bei ihm, seinem Charakter gemäss, nicht selten ein eigenthümlich freies Benehmen und ein zu grosses Selbstvertrauen, seltener aber eine ungewöhnliche Schüchternheit. In seiner Haltung und oft auch in seinem Gange manifestirt sich häufig eine gewisse Unbeholfenheit, an welcher Manche schon aus der Ferne erkannt werden. Endlich entgeht ihnen in der Welt viel mehr, als ihnen selbst bewusst wird, und von vielen Dingen haben sie eine weniger richtige Kenntniss, weil sie das, was ihnen fehlt, durch eine lebhafte Phantasie ersetzen. Cardanus behauptet, dass Myopen besonders verliebt seien, da sie die körperlichen Fehler nicht bemerken und menschliche Wesen für Engel ansehen. Den gestirnten Himmel sehen sie ebenfalls in ausserordentlichem Glanze.

In Betreff der Sehschärfe stehen die Myopen im Allgemeinen den Emmetropen nach. Bei niedern Graden der Myopie ist der Unterschied allerdings ausserordentlich gering, bei höhern Graden aber, wenigstens im vorgerückteren Alter, ist er bedeutend, selbst wenn die Myopie nicht mit ungewöhnlichen krankhaften Veränderungen verbunden ist. Wo die $M > 1/6$ ist, ist die Sehschärfe häufig unvollkommen, ausser es wäre die Myopie angeboren und das Individuum noch sehr jung; bei $M > 1/5$ ist diese Unvollkommenheit der Sehschärfe Regel, bei $M > 1/4$ vielleicht Regel ohne Ausnahme. Besonders bei hohen Graden von Myopie nimmt die Sehschärfe mit vorrückenden

*) Cursus s. mundus mathematicus. III, p. 393.

Jahren viel rascher ab, als bei Emmetropie. Bei $M = {}^1/_4$ oder ${}^1/_3$ beträgt die Sehschärfe mit sechzig Jahren gewöhnlich nicht mehr, als ${}^1/_3$. Die Ursache der verminderten Sehschärfe bei Myopen liegt auf der Hand. Bei Myopie sind bei gleichen Gesichtswinkeln die Netzhautbilder allerdings grösser, weil die Entfernung vom Knotenpunkte bis zur Netzhaut eine grössere ist; andererseits ist aber auch die Netzhautoberfläche eine grössere und enthält folglich auf einer gegebenen Fläche weniger empfindende Elemente. Wo eine vollständige Compensation dieser beiden Factoren stattfindet, könnte bei gleichbleibendem Sehwinkel eine gleiche Anzahl empfindender Elemente getroffen werden, und die Sehschärfe würde dann dieselbe bleiben. Die Ausdehnung betrifft aber besonders den hintern Pol und ergreift vorzugsweise die Gegend des gelben Fleckes; es würde daher für das directe Sehen eine vollständige Compensation selbst dann nicht zu erwarten sein, wenn die Ausdehnung auch keine weitere Störung in der Function der verschiedenen Elemente hervorgerufen hatte. Wir haben hier nur die Bestimmung der Sehschärfe für solche Objecte, welche noch innerhalb des Fernpunktes gelegen sind, in Betracht gezogen. Die Bestimmung der Sehschärfe für Gegenstände, die weiter entfernt liegen, und die mit Correctionsgläsern gesehen werden, fällt noch mehr zu Ungunsten der Myopen aus, da hiebei k'' näher an die Netzhaut rückt.

Bei Zunahme der Myopie werden dieselben Gegenstände in derselben Entfernung unzweifelhaft mit einer immer kleinern Anzahl empfindender Netzhautelemente gesehen. Da diess nun allmälig eintrat, so gewöhnte sich das Auge während des Eintretens daran, und die Grösse eines Gegenstandes wird dann auch, selbst wenn nur ein Punkt fixirt wird, immer genau geschätzt, und der Finger umschreibt auf Verlangen genau die Grenzen des Objectes. Die Ausdehnung der Netzhaut hat ausserdem noch die Folge gehabt, dass das ursprüngliche Verhältniss zwischen dem Aufwande der erforderlichen Muskelaction und der Anzahl der empfindenden Elemente, welche dabei nacheinander das Bild eines gewissen Punktes empfangen, geändert ist; und trotzdem bleibt die Harmonie erhalten, so dass bei Bewegungen des Auges keine scheinbare Bewegung des Gegenstandes auftritt. Wir können daher eigentlich nicht sagen, dass der Myope, welcher denselben Gegenstand in derselben Entfernung mit einer geringern Anzahl empfindender Elemente sieht, denselben wirklich kleiner nach aussen projicirt; er sieht ihn zweifellos weniger scharf, aber die Vorstellung, welche er sich von seiner Grösse macht, wird nicht einfach durch die Anzahl der empfindenden Elemente bestimmt, sondern sie ist das Resultat eines complicirten psychischen Vorganges, an dem mannigfache Factoren Antheil haben. In jedem Falle sind wir zu dem bemerkenswerthen Schlusse berechtigt, dass in Folge der langsamen progressiven Ortsveränderung durch Ausdehnung ein Punkt der Netzhaut in einer Richtung nach aussen projicirt wird, welche von der ihm ursprünglich angehörigen verschieden ist, und wir schliessen daraus, dass die Richtung der Projection nicht absolut angeboren sei, sondern dass sie sich in Verbindung mit andern Hülfsmitteln der Beobachtung entwickelt.

Dass Myopen ein normales Accommodationsvermögen besitzen, konnte nur dadurch übersehen werden, dass man die Begriffe Accommodationsgebiet und Accommodationsbreite mit einander vermengte. Einige ältere Schriftsteller haben diess schon vollkommen begriffen, und schon bei

Smith*) finden wir es ausdrücklich constatirt. Es lässt sich sogleich in befriedigender Weise nachweisen, wenn man die Myopie neutralisirt. Jugendliche Myopen sehen dann nahe Gegenstände vollkommen gut, können einige Zoll vom Auge entfernt scharf unterscheiden und sind zu gleicher Zeit in der Lage entfernte Gegenstände scharf zu sehen. Auch habe ich schon angeführt, dass die Accommodationsbreite der Myopen der der Emmetropen gleichkommt. Nur bei den höchsten Graden, bei denen der Ciliarmuskel und manchmal auch die Ciliarnerven atrophirt sind, nimmt das Accommodationsvermögen ab und wird endlich selbst ganz aufgehoben; diess geschieht aber in einem Alter, in welchem die Accommodation ohnehin schon beinahe ganz verloren zu gehen pflegt. Ich habe auch schon berechnet, welche Accommodationsbreite, bei Verschiedenheit der Sehachsenlänge, einer bestimmten Veränderung der Linse entspricht, und habe gefunden, dass Myopen wegen ihrer längern Sehachse in dieser Hinsicht etwas im Nachtheile sind (vergl. pp. 82, 83). Andererseits hat jedoch der Gebrauch von Concavgläsern einen günstigen Einfluss und folglich eine compensirende Wirkung. Es handelt sich hier aber um so kleine Grössen, dass sie in der Praxis ohne Einfluss sind. Von viel grösserer Wichtigkeit ist der Unterschied emmetropischer und ametropischer Augen in Bezug auf die relative Accommodationsbreite, was schon des Nähern ausgeführt worden ist (pp. 100 u. ffd.). In Bezug hierauf sei in einer etwas geänderten Form nur noch kurz bemerkt, dass Myopen (im Gegensatze zu dem, was wir bei Hypermetropen gefunden) bei geringer Convergenz einen verhältnissmässig kleinen Theil ihres Accommodationsvermögens in Anwendung ziehen können, dafür aber auch im Stande sind, bei Convergenz für ihren Fernpunkt, alle Accommodationsanstrengung fahren zu lassen. Ihr Bestreben ging natürlich immer dahin, den binocularen Fernpunkt so weit wie möglich vom Auge zu halten. — Ferner nimmt die Accommodationsbreite bei Myopen mit dem Alter, sowie bei den Emmetropen, ab. Ein Blick auf die Figuren 126, 127 und 128 zeigt diess unmittelbar. Wirkliche Presbyopie, welche wir dann beginnen liessen, wenn p'' mehr als 8″ vom Auge liegt, kann daher bei Myopen nur vorkommen, wenn $M <$ als $^1/_8$ ist.

§ 30. Beschwerden und Störungen bei Myopie.

Leichte Grade von Myopie verursachen keine Beschwerden. In der Jugend bleibt die geringere Sehschärfe für die Ferne fast unbemerkt, und wenn im fünfzigsten oder sechzigsten Jahre fernere Gegenstände der engeren Pupille wegen deutlicher erscheinen, hören wir nur das ausgezeichnete Sehen in der Nähe loben und preisen. Myopische Augen haben sich in Folge dessen einen Ruf der Stärke und Vortrefflichkeit erworben, den sie bei vorurtheilsfreier Prüfung nicht verdienen. Ein leichter Grad von Myopie mag allerdings für Jemanden, der studirt oder sich mit feinen Arbeiten beschäftigt, seine Vortheile haben, höhere Grade sind aber mit Störungen verbunden, welche sich im vorgerückteren Alter oft nur zu peinlich fühlbar machen. Der Zustand selbst ist in der Jugend erträglich, die Zukunft aber oft sehr trübe.

*) Complete System of Optics, Cambridge, 1738.

Doch klagen manche Myopen schon in der Jugend über Beschwerden bei längerer Anstrengung. Es handelt sich dann um einen Zustand der Reizung mit Hyperaemie sowohl des äussern Auges, als der inneren Theile. In späterer Zeit, besonders wenn die Augen sehr prominiren und in Folge der Spannung der ausgedehnten Muskeln etwas härter, als im normalen Zustande sind, kann dieser Zustand der Reizung sogar habituell werden und sich dann auch mit einer lästigen Reizung der Augenlider verbinden. Besonders wenn die Myopie in einer gewissen Periode rasch zunimmt, werden Klagen über Schmerz und Ermüdung der Augen, besonders bei künstlichem Lichte laut.

Bei hohen Graden von Myopie gesellt sich zu diesem Zustande der Reizung nicht gar selten eine Art von Accommodationskrampf, so dass man dann einen noch höhern Grad von Myopie findet, der jedoch beim Nachlassen der Reizung, besonders nach einer Heurteloup'schen Blutentziehung und nach längerem Aufenthalt im Finstern, wieder verschwindet. Professor Junge in Petersburg hat meine Aufmerksamkeit auf diese Thatsache gelenkt, und ich habe sie in verschiedenen Fällen bestätigt gefunden. In andern Fällen erreicht die Myopie nach und nach einen sehr hohen Grad, ohne dass eine andere Störung, als unvollkommenes Sehen in die Ferne auftritt. Wenn wir die Veränderungen, welche der Augengrund erlitten, betrachten, überraschen uns in der That oft die nur geringen Störungen, die damit verbunden sind. Die Erklärung dafür muss in dem Umstande gesucht werden, dass, wenn sich allmälig beträchtliche Structurveränderungen der Chorioidea entwickeln, die Netzhaut nur geringe Störungen erleidet, und dass überdiess verminderte Sehschärfe im indirecten Sehen nicht geeignet ist, viele Unbequemlichkeiten hervorzurufen. Selbst wenn die Chorioidea das marmorirte, atrophische, weiss und gelb gesprenkelte Aussehen hat, und sich diese Veränderungen in einem Gürtel von der Aussenseite des Halbmondes über die Gegend der Macula lutea erstrecken, finden wir oft, dass die Sehschärfe im directen Sehen noch normal geblieben ist, und die Unvollkommenheit im indirecten Sehen kaum bemerkt wird. Diess ist übrigens bei ausgedehnter diffuser Atrophie ausserhalb des Halbmondes nur ausnahmsweise der Fall. Die Sehstörung ist aber viel bedeutender, wenn, wie diess oft der Fall ist, die bestehende Zerrung und Dehnung zu einem Zustande allgemeiner Reizung der Netzhaut Veranlassung gegeben hat. Diess ist dann die eigentliche Amblyopie der Myopen. Sie erreicht manchmal in kurzer Zeit einen ziemlich hohen Grad und ist einer schnellen Besserung durch entsprechende Behandlung fähig. Von Graefe*) hält die Prognose bei dieser Form von Amblyopie sogar für verhältnissmässig sehr günstig, und ich stimme darin mit ihm vollkommen überein, wenn es sich nur darum handelt, eine temporäre Besserung zu erreichen. Bei hohen Graden von Myopie sind jedoch immer Recidiven und eventuell Verschlimmerung der Affection zu erwarten. Nebst der verminderten Sehschärfe sind rasch eintretende Ermüdung, ein Gefühl von Spannung im Auge, bisweilen Schmerz bei Druck und überdiess Photopsien und Mouches volantes mit diesem Zustande verbunden. Die beiden letzten Symptome bilden bei Myopie häufig eine anhaltende Quelle von Klagen, selbst wenn kein besonderer Reizungszustand und keine aussergewöhnliche

*) Arch. f. Ophth. B. II.

Verminderung der Sehschärfe vorhanden ist. Gewöhnliche Mouches volantes haben, wie ich schon (pp. 167 u. ffd.) auseinandergesetzt habe, keine gefährliche Bedeutung; sie sind durch kleine mikroskopische Körperchen bedingt, welche bei jedem Menschen im Glaskörper schwimmen. Myopen werden jedoch mehr, als andere, von ihnen gequält. In den Zerstreuungskreisen kleiner leuchtender Flächen zeigen sie sich mit ausserordentlicher Deutlichkeit, und im Allgemeinen ist das mehr diffuse, gleichmässige Aussehen der Objecte die Bedingung, unter welcher sie sich am deutlichsten zeigen. Auch Nicht-Myopen erblicken sie ja am häufigsten auf gleichmässig erleuchteten Flächen, wenn gleichzeitig keine andern Formen auf der Netzhaut abgebildet erscheinen. Daher werden Myopen auch weniger durch dieses Symptom belästigt, wenn sie von Concavgläsern, die den Gegenständen das gleichmässig verwaschene Aussehen benehmen, Gebrauch machen. Oft jedoch bleiben die Beschwerden auch bestehen, und zwar besonders dann, wenn die Kranken sich durch dieses Symptom unbehaglich fühlen und sich daran gewöhnt haben, auf dasselbe zu achten. Ich habe Fälle gesehen, wo sich die Sorge über die Mouches volantes bis zur fixen Idee steigerte, gegen welche alle Vernunftsgründe und die schlagendsten Beweise vergebens angewendet wurden. Diess ist besonders der Fall, wenn krankhafte Veränderungen des Glaskörpers hinzugetreten sind. Wir müssen das Vorhandensein solcher krankhafter Veränderungen annehmen, sobald wir mit dem Augenspiegel Trübungen des Glaskörpers nachweisen können. Diesen ist wirklich eine pathologische Bedeutung beizumessen. Die gewöhnlichen Körperchen sind zu klein, um ophthalmoskopisch gesehen zu werden, und wir müssen daher, sobald sich bei dieser Untersuchung bestimmte Formen zeigen, das Vorhandensein von abnormen Produkten, deren Ursprung wir schon oben (§ 28) erklärten, annehmen. Bei entzündlicher Reizung sind sie sicherlich fast durchwegs als Ergebniss einer Exsudation aufzufassen. Solche Körperchen erscheinen und verschwinden, auch unabhängig von Myopie, in Folge von Kyklitis und Chorioiditis anterior. Bei Myopie liegen sie aber gewöhnlich tiefer im Glaskörper, stehen manchmal sogar mit der Sehnervenpapille in Verbindung*) und verschwinden kaum je vollständig. Um sie zu sehen, lässt man das zu untersuchende Auge gerade nach abwärts blicken, lässt es dann rasch bis zu jenem Punkte heben, von welchem aus man wieder durch die Pupillarebene sehen kann, und bemerkt sie dann rasch vor dem Auge vorbeischwimmen. Die Tiefe, in welcher sie sitzen, kann durch das Glas bestimmt werden, welches man anwenden muss, um sie zu sehen, und durch die Entfernung vom Auge, in welcher sich der Beobachter halten muss. Sie sind gewöhnlich lang und faserig, oder körnig, manchmal auch häutig. — Die zweite oben erwähnte Beschwerde ist die Photopsie. Diese begleitet im Allgemeinen die mehr acuten amblyopischen Symptome der Myopie. Manchmal bleibt sie jedoch bei hohen Graden des Leidens constant und weicht keiner wie immer gearteten Behandlung. Mit dem Augenspiegel sehen wir dann gewöhnlich diffuse Atrophie, verbunden mit weissen Flecken und sogenannter Pigment-

*) In Rücksicht dieser ihrer Lagerung habe ich daran gedacht, dass sie ein Ueberbleibsel jener Arterie seien, welche im foetalen Zustande zur Linsenkapsel läuft, und das einige Male beobachtet wurde, aber das braune, längliche Flöckchen erstreckte sich nicht weit in den Glaskörper hinein.

maceration, deren Ursprung wohl auch mit entzündlichen Vorgängen in Verbindung steht. Nervöse Individuen werden manchmal durch constante Phosphene, welche in der Dunkelheit sogar noch lästiger sind, als bei hellem Tageslichte, sehr niedergeschlagen. Ich glaube auch, dass sie als ein ungünstiges Zeichen aufzufassen sind, weil sie jedenfalls auf eine andauernde Reizung, entweder durch gesteigerte Spannung und Ausdehnung oder durch entzündliche Vorgänge, hindeuten. Doch habe ich gefunden, dass das Sehvermögen neben ihnen noch sehr lange unverändert bleiben kann. Die Hauptsache bleibt eben, wie weit sich die Atrophie in die Gegend der Macula lutea ausbreitet.

Wie ich im vorigen Paragraphen bemerkte, ist die Sehschärfe bei hohen Graden von Myopie, auch ohne dass Amblyopie durch Reizung eintritt, im Allgemeinen herabgesetzt; es werden jedoch in dieser Hinsicht nur wenig Klagen laut. Da Myopen feine Gegenstände sehr nahe ans Auge bringen und sie desshalb unter einem grösseren Gesichtswinkel betrachten, so können sie diese noch sehr lange hinreichend genau erkennen, und an das Sehen in die Ferne stellten sie nie grosse Anforderungen. Sie wenden sich daher im Allgemeinen nicht früher an den Augenarzt, als bis eine unverhältnissmässige Störung im directen Sehen auftritt. Dann klagen sie über Verdunklung des Sehfeldes beim Lesen und Schreiben, über Nebel oder über ein Flimmern, das auf den Buchstaben ruht, über Unterbrochensein einzelner oder vollständiges Fehlen anderer Buchstaben, über vollkommene Unfähigkeit die fixirten Gegenstände genau zu sehen. Diesen Erscheinungen geht oft das Auftreten gekrümmter Zeilen voran, ein Symptom, welches auf ein unverhältnissmässiges Verschieben oder Vorwärtsdrängen eines Theiles der empfindenden Elemente hindeutet. Wo solche Beschwerden bei Myopen auftreten, finden wir auch immer eine oder die andere der oben beschriebenen Veränderungen in der Macula lutea. In dieser Gegend sehen wir beinahe unausbleiblich weissliche Flecken, kleine Pigmentanhäufungen und andere Merkmale der atrophischen Entartung, selbst schon bevor irgend eine Klage geäussert wurde. Gewöhnlich tritt die Entartung des gelben Fleckes in einem Auge viel zeitlicher auf, als im andern, aber wenn sie im ersteren beinahe vollständig ausgebildet ist, beginnen sich die erwähnten Veränderungen im zweiten Auge auch schon deutlich zu zeigen, und sagen uns nur mit zu grosser Sicherheit, dass nach einigen Jahren auch auf diesem Auge das directe Sehen verloren gegangen sein wird. Gegen dieses Fortschreiten der Degeneration vermögen wir durch hygienische Maassregeln verhältnissmässig nur wenig und durch eigentlich medikamentöse Einwirkung gar nichts. Zwar bessert sich die Sehschärfe jetzt auch noch bisweilen, aber in solchen Fällen müssen wir annehmen, dass die Störung eher von einer Reizung der Netzhaut, welche zur Atrophie hinzugetreten war, abhänge; die Atrophie selbst geht ihren regelmässigen Gang weiter, und ein glückliches Bekämpfen der begleitenden Reizungserscheinungen kann ihren Lauf höchstens verlangsamen. Die Verdunklung, über welche geklagt wird, bleibt manchmal durch eine lange Zeit in ihrem Grade ganz unverändert, bis endlich innerhalb einiger Tage oder Wochen das Lesen vollständig unmöglich wird. Diess zeigt jedoch nicht immer eine wirklich schnellere Entwicklung der Myopie an. Diese letztere kommt auch vor, und es kann sogar ein localer Blutaustritt in die Macula lutea dem directen

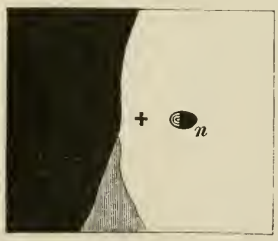
Sehen ein plötzliches Ende machen; im Allgemeinen aber ist es nur das Fortschreiten des atrophischen Processes bis zur Netzhautgrube, welches die Sehschärfe in so rascher Weise beeinträchtigt. Fast immer finden sich wohl schon früher einzelne blinde Stellen hie und da in der Netzhaut, besonders in der Umgebung der Netzhautgrube, zerstreut. Manchmal ergreifen dieselben sogar einen Theil der Netzhautgrube, während der übrige Theil derselben noch functionsfähig bleibt. Eigenthümliche Erscheinungen können durch diese Gruppen von Scotomen hervorgebracht werden. So habe ich Fälle beobachtet, in welchen sehr kleiner Druck leichter und schneller gelesen werden konnte, als grosser Druck, weil von letzterem nie ein ganzes Wort auf einmal übersehen wurde, und selbst grössere Buchstaben nur zum Theile sichtbar waren. Die Klage über das Flimmern ist allein dem Umstande zuzuschreiben, dass die Buchstaben bei leichten Bewegungen des Auges ihr Netzhautbild abwechselnd auf empfindliche und unempfindliche Stellen entwerfen, so dass dasselbe fortwährend kommt und geht, manchmal mit einer Gestaltveränderung, welche dann der unregelmässigen Verschiebung der empfindenden Elemente entspricht. Solange die Netzhautgrube fixirt, können die Kranken ihre Scotome recht gut selbst auf eine Ebene, z. B. auf einen Bogen weissen Papieres, projiciren, und können beim Fixiren eines gegebenen Punktes die Grenzen der blinden Stellen mit einem schwarzen Griffel umschreiben. Auf diese Weise können wir uns von der Gegenwart jener Gruppen von Scotomen in der Gegend der Macula lutea schon zu einer Zeit überzeugen, wo die Fovea centralis noch nicht ergriffen und das Lesen noch nicht zur Unmöglichkeit wurde.

Die in Frage stehenden Scotome sind kleine Unterbrechungen des Gesichtsfeldes. Man sollte meinen, dass sich dieselben als schwarze Flecken darstellen würden. Dem ist jedoch nicht so; sie werden fast jedesmal mehr oder weniger deutlich als graue Flecken gesehen. Sie nähern sich in dieser Hinsicht dem unbestimmten Nichtsehen der Lücke im Gesichtsfelde, welche durch den Sehnerveneintritt veranlasst wird, und diese ist in der That mit jenem Theile des Raumes zu vergleichen, welcher jenseits der Grenzen des Gesichtsfeldes, z. B. hinter uns, gelegen ist; wir sehen nicht schwarz, sondern wir sehen überhaupt gar nicht. Dass hingegen auch locale Scotome der Netzhaut nicht schwarz erscheinen, muss sicher um so mehr befremden, da wir in Bezug auf sie nicht an eine subjective Thätigkeit, welche sich ja auch im Dunkeln oder bei geschlossenen Augen als Licht zeigen müsste, denken können.

Es scheint mir angemessen, an dieser Stelle auf einige Thatsachen, welche im Allgemeinen auf Einschränkung des Gesichtsfeldes Bezug haben, hinzuweisen. Einige Kenntniss über diesen Gegenstand besitzen wir schon seit langer Zeit. Mariotte entdeckte den nach ihm benannten blinden Fleck, und diese Entdeckung hat seiner Zeit grosses Aufsehen erregt und zu verschiedenen Theorien Veranlassung gegeben. Auch in der letzten Zeit wurde viel darüber verhandelt. Bestimmungen seiner Grösse und Lage hatten schon zu der Annahme geführt, dass er der Nervenpapille entspreche, bevor ich noch zeigte, dass das kleine Bild einer Flamme, welches durch den Augenspiegel auf die genannte Stelle geworfen wird, wirklich so lange dem untersuchten Auge unsichtbar bleibt, als es nicht die Grenzen der Papille überschreitet. Ferner war bekannt, dass das Gesichtsfeld mitunter stellenweise fehle: man sprach von Hemiopie und von Visus dimidiatus. Ich glaube

jedoch im Rechte zu sein, wenn ich ausspreche, dass eine systematische Untersuchung der Beschränkung des Sehfeldes bei Amblyopie zuerst von v. Graefe*) in die Praxis eingeführt wurde. Später bemühte sich Dr. Snellen zu zeigen, dass in vielen Fällen von Amblyopie, ohne Einschränkung und ohne Scotome, besonders in Fällen, wo die ophthalmoskopische Untersuchung keine krankhaften Veränderungen ergab, das directe Sehen in der ganzen Gegend der Macula lutea sehr stark herabgesetzt sei. Die Grenze, wo das stumpfere Sehen beginnt, ist in diesen Fällen oft ziemlich genau an dem projicirten Sehfelde ersichtlich. — Die Einschränkung des Sehfeldes wird im Allgemeinen auf dieselbe Art untersucht, wie Mariotte die von ihm entdeckte Lücke demonstrirt hat. Die Projection wird jedoch auf kürzere Distanz (was bei Myopen durchaus nöthig ist), im Allgemeinen auf ein Fuss Entfernung entworfen, wenn nicht ein hoher Grad von Myopie eine noch grössere Annäherung erforderlich macht. Um in der Lage zu sein die erhaltenen Resultate aufzubewahren, nehmen wir bei jedem Versuche einen besondern Bogen Papier von dunkelblauer Farbe, 70 Centimètres breit und 60 Centimètres hoch, welcher in einem Rahmen befestigt und dann vertical aufgehängt wird. Auf dieses Papier wird nun ein kleines, weisses Kreuz gezeichnet, dann ein kleines Stück reiner, weisser Kreide, welches in einem langen, dunklen Stiel (von der Farbe des Papiers) befestigt ist, in allen Richtungen des Sehfeldes unter leicht zitternder Bewegung gegen das weisse Kreuz zu geführt, und der Punkt angemerkt, wo die Kreide zu verschwinden scheint. Ist auf diese Weise eine blinde Stelle gefunden, so schreiten wir in allen Richtungen von dieser Stelle aus mit der Kreide weiter und merken die Orte an, wo sie wieder sichtbar wird. Die hiedurch erhaltenen Punkte verbinden wir zu einer Linie, welche nun die Grenze der Gesichtsfeldbeschränkung angibt. Das auf diese Art erhaltene Sehfeld wird dann im verkleinerten Maassstabe dem Krankenprotokolle beigefügt, nachdem noch die blinde Stelle mit schwarzer Farbe bezeichnet wurde. Zeigt sich ein Theil des Sehfeldes zwar für die weisse Kreide unempfindlich, aber nicht gegen stärkere Lichteindrücke, z. B. die einer kleinen Lichtflamme, so wird diess in der Zeichnung durch Schraffirung ersichtlich gemacht. Ein Beispiel ist Fig. 150, welche die Projection, folglich das umgekehrte Bild, eines rechten Auges darstellt, dessen $M = {}^1/_3$, $S = {}^{14}/_{70}$ ist, und bei welchem die Gesichtsfeldbeschränkung durch Netzhautablösung bedingt ist: die Projection ist auf eine Entfernung von 18^{mm} reducirt und ist, da auch die Entfernung zwischen Knotenpunkt und Netzhaut gleich 18^{mm} angenommen wurde, wenigstens für die central gelegenen Theile von natürlicher Grösse. Das kleine Kreuz bedeutet den fixirten Punkt, d. h. die Projection der Netzhautgrube, n den Mariotte'schen Fleck. Es ist nun einleuchtend, dass nach der eben beschriebenen Methode die äussersten Theile des Gesichtsfeldes nicht untersucht werden können. Im Allgemeinen

Fig. 150.



*) Arch. f. Ophth. B. II, 2, p. 258.

kann diess aber mit genügender Genauigkeit auf die oben (p. 163) beschriebene Art geschehen.

Unter den Beschränkungen und Unterbrechungen des Gesichtsfeldes, welche der Myopie besonders eigen sind, haben wir nebst den oben schon erwähnten Scotomen noch die aufzuzählen, welche als Ausdehnungen des Mariotte'schen Fleckes auftreten, sowie jene, welche von atrophischen Stellen abhängen, die sich unter entzündlichen Symptomen entwickelten, ferner diejenigen, welche von Netzhautablösungen durch Exsudate und mitunter durch Extravasate herrühren, sowie jene, welche von Blutextravasaten in das Netzhautgewebe selbst, und endlich welche von Glaukom herrühren. — Was den Mariotte'schen Fleck betrifft, so berichtet v. Graefe, dass sich eine Vergrösserung seiner Oberfläche bei Sclerotico-Chorioiditis (Staphyloma posticum) der Myopen jedesmal nachweisen lasse. Von Hasner und Andere behaupten dasselbe. Von Jaeger schreibt diess der von ihm angenommenen Verschiebung des Sehnerven nach innen zu, durch welche in der That die empfindende Schichte am Rande der Chorioidealöffnung mangelhaft werden muss. Meine Untersuchungen zeigten mir, dass bei geringer Entwicklung des Halbmondes die Wahrnehmung von Licht auf demselben nicht fehlt, wie man diess mit dem kleinen Flammenbild ophthalmoskopisch beobachten kann, dass aber bei hohen Graden mit entwickelter Atrophie jede Wahrnehmung wirklich vollständig oder beinahe vollständig verschwinde. Mitunter findet man selbst in der projicirten Figur die Gestalt der Sichel ziemlich genau wieder. Es ist auch vom physiologischen Standpunkte aus nicht unwichtig, dass selbst in solchen Fällen die Leitung des mehr peripher empfangenen Reizes in der Netzhaut über dem atrophischen Halbmonde nicht mangelhaft ist, — woraus ersichtlich ist, dass die Faserschichte der Netzhaut, durch welche die Leitung stattfinden muss, nicht wesentlich gelitten hat. — In Betreff der kleinern und grössern Scotome der atrophischen Flecken habe ich nichts weiter zu sagen; es ist genug, dass diese ebenfalls die Leitung von mehr peripher gelegenen Stellen nicht unterbrechen. — Ablösung der Netzhaut ist eine der schlimmsten Krankheitsformen, der das myopische Auge viel mehr, als jedes andere ausgesetzt ist; man findet sie hauptsächlich in der untern Netzhauthälfte, was nach v. Graefe dem Umstande zuzuschreiben ist, dass sie, wenn sie auch in höhern Theilen zuerst auftritt, doch durch das Sinken der Flüssigkeit nach abwärts versetzt wird. Bisweilen erreicht die Ablösung nur einen geringen Grad, und die Netzhaut wird nur wenig von der Chorioidea abgehoben. In andern Fällen wird ein grosser Theil, ja selbst die ganze Netzhaut abgelöst und gewinnt dann nach dem treffenden Ausdrucke Arlt's das Aussehen einer Convolvulusblüthe, deren Stengel der Sehnerv vorstellt. Ist die abgelöste Partie von auch nur mässigem Umfange, so ragt sie weit genug in den Glaskörper hinein, um selbst bei beträchtlicher Myopie im aufrechten Bilde ohne negatives oder selbst mit einem positiven Glase gesehen zu werden. Wir erkennen sie sogleich an ihrer grauen Farbe und an den beweglichen Falten ihrer Membran, auf welcher die Retinalgefässe, im Beginne sogar mit Farbenunterschieden zwischen Arterien und Venen, sehr genau ersichtlich sind. Es ist bemerkenswerth, dass die Empfindlichkeit für Licht dann mitunter noch nicht erloschen ist, so dass wir annehmen müssen, dass die mit der Netzhaut abgelöste Stäbchenschichte noch für Lichteindrücke empfänglich bleibt. Mir

kam ein schlagender Fall dieser Art vor. Ein fünfzehnjähriges Mädchen mit $M = \frac{1}{2\frac{1}{2}}$ an beiden Augen rief plötzlich jubelnd aus, dass es die Personen auf der andern Seite der Strasse vom Fenster aus sehe, ja sie sogar erkenne. Ihre Freude war jedoch nur von kurzer Dauer. Drei Tage später war das Auge vollkommen blind, und ich entdeckte eine Netzhautablösung, welche sich über die Macula lutea hin ausdehnte und dieselbe fast bis in den hintern Brennpunkt des Auges vordrängte. Ob bei Netzhautablösung im Allgemeinen die Sehstörung sehr bedeutend ist, hängt hauptsächlich von der Lage der letzteren ab; ist der gelbe Fleck in dieselbe mit einbegriffen, so ist das Auge nahezu als verloren zu betrachten; blieb er frei, so ist es doch oft in seinen Functionen beeinträchtigt, besonders wenn die Ablösung sich bis in die Nähe der Macula lutea erstreckt. Diese Störung kann aber bei entsprechendem Verhalten zum grossen Theile wieder schwinden. Nicht selten jedoch breitet sich die Ablösung früher oder später noch weiter aus. Von Graefe glaubt bemerkt zu haben, dass diess besonders stattfinde, wenn bei Staphyloma posticum ausgebreitete Atrophie des Augengrundes vorhanden ist, und ich stimme darin mit ihm überein; aber ich habe doch einige Fälle gesehen, wo bei ausgebreiteter Atrophie eine partielle Netzhautablösung durch viele Jahre stationär, und die Sehschärfe in der Macula lutea unverändert blieb. Constatirte Fälle von Heilung in Folge spontaner Wiederanlegung der Netzhaut sind sehr selten. Ich habe einen gesehen, bei welchem jedoch wieder Recidive eintrat, und Liebreich*) hat auch einen Fall beschrieben. Der traurige Ausgang dieses Leidens rechtfertigt sicherlich den Versuch, durch operatives Einschreiten eine Besserung zu erzielen, und diese wurde auch wirklich in einigen Fällen erreicht. Ist die abgelöste Netzhaut einmal atrophisch geworden, — und diess ist ziemlich oft der Fall und durch die unregelmässige Füllung der Gefässe mit sichtlich metamorphosirtem Blute, durch die Gegenwart von Pigment, durch Verlust der Farbe und durch eine gewisse Transparenz erkennbar — so hat die Entleerung der Flüssigkeit, oder die Durchschneidung keinen andern Zweck, als eine fernere Entwicklung des Uebels nach Möglichkeit zu verhindern.

Fast immer ist die unter der Netzhaut angesammelte Flüssigkeit eine seröse, mehr oder weniger getrübt und bisweilen einer weitern Metamorphose unterworfen. Solche Flüssigkeit kann dann auftreten, wenn sie aus den Gefässen unter einem höhern Druck exsudiren kann, als derjenige ist, unter welchem der Glaskörper steht. Die Bedingung für ihre Bildung ist uns unbekannt, aber sicher ist, dass bei Netzhautablösung der Bulbus gewöhnlich weich ist. Es ist sehr plausibel anzunehmen, dass die Ausdehnung, welche die Netzhaut bei Staphyloma posticum erleidet, Veranlassung gibt, dass dieselbe leichter von der Chorioidea ablösbar wird, und es scheint sicher zu stehen, dass ein zunehmendes Staphylom die weitere Ablösung befördert. In diesem Zustande nun ist und bleibt die Gesichtsfeldbeschränkung das wichtigste Symptom. Im Beginne besonders ist die Beschränkung noch viel ausgebreiteter, als die Ablösung, und oft scheint das directe Sehen beinahe aufgehoben zu sein, obwohl sich

*) Arch. f. Ophth. B. V, 2, p. 251.

später herausstellt, dass der gelbe Fleck nicht mit in den Process einbezogen war. — Ausnahmsweise ist auch Bluterguss Ursache der Netzhautablösung, und diess gilt nicht nur von myopischen, sondern auch von andern Augen. Gelegentlich kommen eine oder mehrere Recidiven einer Chorioidealhämorrhagie mit Durchbruch der Netzhaut vor, nach welchen das in den Glaskörper ergossene Blut im Verhältnisse, als das Auge indessen weicher wird, jedesmal in grösserer Menge erscheint, um immer wieder mehr oder weniger vollständig aufgesaugt zu werden. Endlich aber bleibt bei einer erneuerten Recidive das Blut auch hinter der Netzhaut und trennt dieselbe von der Chorioidea. Gleichzeitig kann es sich auch zum Theil in den Glaskörper ergiessen. Im Allgemeinen kann die abgelöste Netzhaut nicht so gut erkannt werden, wenn sich hinter derselben Blut befindet, und ist zu gleicher Zeit Bluterguss im Glaskörper vorhanden, so ist die Diagnose anfangs sehr unsicher, und die Erforschung der Richtung, in welcher Empfänglichkeit für Licht geblieben, wegen der Opacität des Blutes, das sich in den tiefern Partien des Glaskörpers angesammelt hat, sehr trügerisch. Die hier besprochenen Hämorrhagien kommen sicher häufiger in myopischen, als in andern Augen vor, und es ist leicht einzusehen, dass, da bei dem atrophischen Processe die breiten Chorioidealgefässe lange mit Blut gefüllt bleiben, eine Disposition zum Zerreissen derselben durch fernere Ausdehnung vorhanden sein muss. Doch ist die Netzhautablösung, wegen des häufigen Vorkommens dieser Erscheinung durch seröse Flüssigkeit gerade bei myopischen Augen, verhältnissmässig bei diesen noch seltener das Ergebniss von Blutergüssen, als in andern Augen. Das myopische Auge ist auch zu Blutergüssen in der Netzhaut selbst und aus den Netzhautgefässen sehr geneigt. Das umschriebene Blutextravasat, welches man manchmal an der Macula lutea bemerkt, und welches dieselbe in gewissem Maasse emporhebt, ist sicherlich durch Austritt aus einem Chorioidealgefässe bedingt; andererseits sehen wir jedoch in der Netzhaut selbst nicht selten eine Anzahl kleiner Extravasate nahe den Retinalgefässen und augenscheinlich aus ihnen stammend. Auch von manchen grössern retinalen Blutinfiltrationen ist es mehr als wahrscheinlich, dass sie ihren Ursprung aus den Retinalgefässen nehmen. Das Hauptsymptom in solchen Fällen ist das Scotom, oder die Unterbrechung im Sehfelde, welche immer um so auffälliger und quälender ist, je näher an der Macula lutea sie sich befindet.

Mit allen diesen krankhaften Veränderungen im Augengrunde gehen in bedeutenderem Grade Veränderungen im Glaskörper einher, welche wohl im Allgemeinen blos zu Flocken Veranlassung geben, die vor dem Gesichtsfelde zu schwimmen scheinen, aber trotzdem in manchen Fällen, besonders wenn die Flocken häutiger Natur sind, das Sehvermögen sehr wesentlich beeinträchtigen. Ausserdem verbindet sich mit diesen Veränderungen im Glaskörper eine Anlage zu Linsentrübung, welche unzweifelhaft bei Myopen grösser ist, als bei Emmetropen. Es ist bemerkenswerth, dass sich Myopen im Beginne der Kataraktbildung einreden, dass blos ihre Myopie im Zunehmen sei. Da sie die Objecte in kurzer Distanz vor dem Auge unter einem grösseren Winkel sehen, so empfinden sie auch, z. B. beim Lesen, nicht viel Beschwerden. Daher bemerken sie vielmehr im Unterscheiden in der Ferne eine Abnahme und wundern sich nur, dass ihre Myopie, anstatt sich, wie man ihnen sagte, mit den Jahren zu bessern, zunehme.

Endlich entwickelt sich bei hohen Graden von Staphyloma posticum, besonders in vorgerückteren Jahren, nicht selten Glaukom; dasselbe gehört jedoch in seiner typischen Form eher dem emmetropischen und hypermetropischen Auge an. Es scheint, dass man dasselbe, wenn es bei hochgradiger Myopie auftritt, selbst seinem Ursprunge nach, als eine besondere Krankheitsform betrachten muss, welche mit dem gewöhnlichen Glaukome höchstens vermehrte Spannung des Augapfels und Excavation der Papille gemein hat. Sie ist insoferne ein Glaucoma simplex, als die dem Glaukome eigenthümlichen entzündlichen Symptome fehlen, sonst ist sie aber durch die geringere Härte des Bulbus, durch die schiefe Richtung der Excavation, durch die ungewöhnliche Form der Gesichtsfeldeinschränkung und durch den Mangel anderer Symptome von Glaucoma simplex unterschieden; und überdiess können wir in solchen Fällen nicht so sicher auf den Erfolg der Iridectomie rechnen, wie bei gewöhnlichem Glaukom. — Endlich haben wir noch in Verbindung mit diesem Gegenstande zu bemerken, dass bei scheinbarem Strabismus convergens (das Ergebniss der Verschiebung der Sehlinie) die Beweglichkeit des stark myopischen Auges etwas beschränkt ist, dass besonders für das binoculäre Sehen die geforderte Convergenz fehlt, so dass bei andauernden Versuchen, dieselbe zu erzielen, muskuläre Asthenopie hervorgerufen wird; dass daher hochgradig Myopische gewöhnlich nur mit einem Auge lesen, und daraus nicht selten relativer und endlich absoluter Strabismus divergens hervorgeht. Doch glaube ich, dass es passender ist, hiervon in einem besondern Paragraphen zu sprechen.

§ 31. Insufficienz der Mm. recti interni und Strabismus divergens, als Resultate von Myopie.

Divergirendes Schielen ist in der Regel an Myopie gebunden. Beim Beginne meiner statistischen Untersuchungen war mir der Zusammenhang zwischen Hypermetropie und Strabismus convergens nicht mehr zweifelhaft; allein ich war weit entfernt zu vermuthen, dass Myopie in einem fast eben so engen Verhältnisse zu Strabismus divergens steht. Erst die systematische Untersuchung brachte diess ans Licht.

Die Art der Beziehung ist jedoch in beiden Fällen nicht gleich. Bringt die Hypermetropie Strabismus convergens hervor, so geschieht diess in der That kraft der durch die Refractionsanomalie erforderten Anstrengung der Accommodation. Entwickelt sich Strabismus divergens in Zusammenhang mit Myopie, so ist die Refractionsanomalie als solche wohl nicht ganz ausser dem Spiel, allein hauptsächlich tritt doch die anatomische Grundlage als Ursache auf: ich meine die Ausdehnung und die veränderte Form des Augapfels; — wo Myopie ausnahmsweise von vermindertem Krümmungshalbmesser der Hornhaut abhängt, ist desshalb auch kein Strabismus zu erwarten. In den gewöhnlichen Formen von Myopie behindern grössere Durchmesser im Allgemeinen schon die Beweglichkeit; vor Allem ist es aber die ellipsoidische Form, welche bei Drehung um die kurzen Achsen in einer gleichgeformten Höhle bei der dabei erforderten Formveränderung zu grossem Widerstande Anlass gibt. Dazu entfernt sich der Drehpunkt nicht nur von der Vorder-, sondern auch von der Hinterfläche des Auges. Seine Lage ist

im Uebrigen nicht ungünstig. Meine mit Dr. Doyer gemeinschaftlich gemachten Untersuchungen beweisen nämlich, dass bei *E* der Drehpunkt hinter der Mitte der Sehachse gelegen ist, und zwar in der Weise, dass der vor dem Drehpunkte gelegene Theil der Sehachse zu dem hinter diesem Punkte gelegenen im Verhältniss von 57·32 : 42·46, d. i. ungefähr 15 : 11 steht. Beinahe dasselbe Verhältniss wurde aber auch bei den längern Achsen der Myopen gefunden; es ist bei diesen im Mittel sogar weniger günstig, nämlich = 56·83 : 43·17. Die nebenstehende Tabelle, in welcher auch der Winkel α (vergl. p. 154) aufgeführt ist, enthält die Beobachtungsresultate im Einzelnen.

Nr.	Alter	Auge	*M.*	Länge der Sehachse		Lage des Bewegungscentrums		α
				bis zur Netzhaut	bis zur hintern Fläche der Sclerotica	hinter der vordern Fläche der Hornhaut	vor der hintern Fläche der Sclerotica	
1	32	R	1 : 16	22·96	24·16	13·49	10·67	5°·00
2	26	R	1 : 10	23·43	24·53	13·49	11·04	4°·00
„	„	L	1 : 10	23·43	24·53	13·59	10·94	5°·25
3	27	L	1 : 9·25	23·53	24·63	15·22	9·41	4°·00
„	„	R	1 : 6·25	24·24	25·04	14·19	10·85	4°·00
4	35	R	1 : 6·25	24·24	25·04	13·18	11·86	—1°·50
5	18	R	1 : 6·25	24·24	25·04	14·97	10·07	4°·75
6	26	R	1 : 5·25	24·69	25·39	13·77	11·62	1°·50
„	„	L	1 : 5·25	24·69	25·39	14·78	10·61	1°·00
7	49	R	1 : 4·75	24·99	25·59	14·90	10·69	—1°·25
8	19	R	1 : 4·75	24·99	25·59	14·64	10·95	—1°·00
„	„	L	1 : 4·75	24·99	25·59	14·52	11·07	—1°·00
4	35	L	1 : 4·25	25·39	25·89	13·79	12·10	1°·75
9	18	L	1 : 4·25	25·39	25·89	15·52	10·37	4°·50
10	23	L	1 : 4·25	25·39	25·89	15·97	9·92	2°·00
11	9	R	1 : 3·75	25·91	26·31	14·91	11·40	2°·00
10	23	R	1 : 2·25	29·56	29·76	15·86	13·90	—1°·50

Die Tabelle zeigt uns, dass, mit einer einzigen Ausnahme, das Bewegungscentrum im myopischen Auge, absolut genommen, weiter von der hintern Fläche der Sclerotica entfernt liegt, als im emmetropischen Auge (= $9{\cdot}99^{mm}$), und zwar im Allgemeinen um so weiter, je höher der Grad der Myopie ist, sowie auch, dass fast jedesmal die relative Lage in der Sehachse eine ungünstigere ist. Ueberdiess ist der Winkel α (zwischen der Hornhautachse und der Gesichtslinie) besonders klein und in fünf Fällen sogar negativ, d. h. er liegt nach aussen von der Hornhautachse.

Das Resultat dieser grösseren Entfernung des Bewegungscentrums von der hintern Fläche der Sclerotica ist, dass in solchen Fällen die Excursionen bei gleichen Rotationswinkeln grösser sind, und in Folge dessen die Beweglichkeit nothwendiger Weise beschränkt ist. Diese Beschränkung würde noch grösser sein, wenn die Eintrittsstelle des Sehnerven nicht in Folge der unverhältnissmässigen Ausdehnung der äussern Partie des hintern Bulbusabschnittes gewöhnlich mehr nach einwärts verschoben und dadurch verhältnissmässig weniger vom Centrum der Bewegung entfernt wäre. Ueberdiess mag auch die grössere Entfernung zwischen dem Bewegungscentrum und den

Insertionspunkten der Muskeln, zu welcher Entfernung der durch eine gegebene Verkürzung der Muskeln erhaltene Rotationsbogen in verkehrtem Verhältnisse steht, dazu beitragen, eine Beschränkung der Beweglichkeit hervorzubringen.

Inzwischen gibt, von alledem abgesehen, der längere Augapfel als solcher bereits genügende Rechenschaft über die bestehende Beschränkung. Diese betrifft sowohl die Bewegung nach innen, wie die nach aussen. Bei Myopen ist sie so allgemein, dass von 17 Augen 9 sich nicht hinreichend weit drehen konnten, um bei der Bestimmung des Drehpunktes unsere Methode, welche eine Excursion von nicht mehr als 28° nach innen und nach aussen verlangt, unverändert in Anwendung zu bringen. Die beschränkte Bewegung nach aussen hat vorerst keine weiteren Folgen, als dass die seitlichen Excursionen für das binoculäre Sehen auf Abstand geringer sind, und dass Drehung des Kopfes dem zu Hülfe kommen muss, was übrigens beim Tragen einer Brille auch nothwendig ist. Allein die Insufficienz der Bewegung nach innen hat andere und wichtigere Folgen, die wir der Reihe nach zu betrachten haben, um als letzte Folge das absolut divergirende Schielen auftreten zu sehen.

Insufficienz der Bewegung nach innen nehmen wir dann an, wenn die Sehlinien nicht in einem Abstand von 2·5″ zur Kreuzung gebracht werden können, wobei sie sich unter einem Winkel von ungefähr 51° schneiden. Bei hohen Graden von Myopie besteht diese Insufficienz fast ohne Ausnahme. Dafür lässt sich eine doppelte Ursache anführen. Erstens ist die Beweglichkeit, wie wir sehen, wegen der Ausdehnung und veränderten Form des Bulbus in der That vermindert, und die Insufficienz ist insofern absolut zu nennen. Allein zweitens müssen, um die Sehlinien in der Entfernung von 2·5″ zum Kreuzen zu bringen, bei der Kleinheit des Winkels α, die Hornhautachsen zu noch stärkerer Convergenz gebracht werden, als bei emmetropischen Augen. Man begreift also, dass die Bewegung nach innen, wenn auch nicht absolut, doch wenigstens relativ ungenügend sein muss.

Die Insufficienz, von welcher hier die Rede ist, führt nun in einigen Fällen zu Ermüdung beim Sehen, wenn die Arbeit lange hintereinander eine gewisse Convergenz verlangt (Asthenopia muscularis).

Es sind mir Fälle vorgekommen, in welchen anfänglich mit beiden Augen gesehen wurde, aber bei Ermüdung das eine Auge abwich, und die Arbeit dann weniger Beschwerde verursachte; andere, in welchen gerade diess Abweichen auf eine lästige Weise sich bemerkbar machte und zu Klagen Anlass gab. Diess letztere traf ich da an, wo der Grad von Myopie verhältnissmässig gering war, und darum ausser dem Widerstande des Auges auch eine gewisse Schwäche der Muskeln (nicht blos Insufficienz der Bewegung, sondern wahre Insufficienz der Mm. recti interni) angenommen werden musste: ein Zustand, den ich bei mässigen Graden von Myopie mit den soeben genannten Symptomen erblich wahrgenommen habe. Mit dieser Ablenkung bei anhaltender Anstrengung ist bereits relativer Strabismus divergens gegeben. Auf grössere Entfernung sind die Sehlinien gut gerichtet; bei Arbeit in der Nähe wird blos ein Auge benutzt.

Das relativ divergirende Schielen wird hier als die Folge und gewissermaassen als eine weitere Entwicklung der Insufficienz der Bewegung nach innen angesehen. Bis zu einem gewissen Punkt ist das richtig. Suchen wir

indessen diess relative Schielen zu bestimmen, so stellt sich heraus, dass es von hohen Graden von Myopie untrennbar ist, und dass, wäre die Bewegung auch dabei nicht beschränkt, es nichtsdestoweniger vorhanden sein würde. Relativ divergirendes Schielen ist nämlich da, sobald die für scharfes Sehen nothwendige Annäherung das binoculäre Sehen ausschliesst. Auch bei unbeschränkter Convergenz tritt es also auf, sobald der Fernpunkt dem Auge näher liegt, als der durch die stärkste Convergenz zu erreichende Punkt. In diesem Sinne genommen, ist z. B. bei $M > \frac{1}{2{\cdot}5}$ nothwendigerweise relativ divergirendes Schielen vorhanden: gewiss weicht das eine Auge (Fälle von Strabismus convergens ausgenommen), wenn dabei ohne Gläser scharf gesehen wird, immer nach aussen ab.

In dem Obenstehenden ist enthalten, dass relativ divergirendes Schielen entstehen kann: einerseits bei beträchtlicher Insufficienz der Mm. recti interni ganz ohne Myopie, andererseits bei hohen Graden von Myopie ganz ohne Insufficienz. Thatsächlich nun kommt es in seinen wichtigsten Formen vor, wenn Myopie und Insufficienz sich in mässigem Grade mit einander verbinden. Myopie muss dabei unser Ausgangspunkt sein. Fehlt sie, so führt die Insufficienz nur zu Asthenopia muscularis und entwickelt sich selten zu Strabismus divergens; ist Myopie vorhanden, so kommen eine Anzahl Ursachen zusammen, um Strabismus divergens, wenigstens relativen, hervorzubringen und gerade dadurch die Asthenopia muscularis zu verhüten *). Die Erklärung ist einfach und wurde oben bereits in Bezug auf die Insufficienz gegeben: die Myopie erfordert mehr Convergenz der Sehlinien, weil näher beim Auge gesehen wird, und gerade bei Myopie ist die Convergenz aus zwei Gründen mühsamer, erstens wegen der behinderten Bewegung des Auges und zweitens wegen der veränderten Lage der Gesichtslinie (des kleinern Winkels α). Dass relativ divergirendes Schielen hauptsächlich bei Myopie entsteht, ist hiermit erklärt. Dazu kommt noch, dass das Bedürfniss des binoculären Sehens und der Widerwille gegen Doppelbilder hier kein bedeutendes Gegengewicht abgeben. Es ist meist ein kleines Object, welches der Myop scharf sehen will: er nähert diess dem Auge, welches er zu gebrauchen wünscht, und das andere ist unterdessen auf entfernte Gegenstände gerichtet, welche wegen der Myopie sehr diffuse und also wenig störende Bilder geben. Kommt es nun einmal vor, dass mit Ablenkung des einen Auges gesehen wird, so wird um so weniger eine starke Neigung zur Anspannung der Convergenz vorhanden sein, als damit zugleich der Abstand R des Fernpunktes kleiner wird, und das Object also noch näher an das Auge gehalten werden muss. Gerade bei beschwerlicher Convergenz wird die associirte Anstrengung der Accommodation besonders gross.

Bei progressiver Myopie ist man oft Zeuge, wie das binoculäre Sehen sich gegenüber dem relativ divergirenden Strabismus zu behaupten strebt.

---

*) So lesen wir auch bei v. Graefe (Arch. f. Ophth. B. VIII, p. 343): „Es ist schon oben erwähnt worden, dass Myopie zwar ein erhebliches, aber nicht absolut überwiegendes Contingent zur muskulären Asthenopie liefert. Letzteres würde wohl der Fall sein, wenn nicht die hochgradig Myopischen durch die Periode der Asthenopie weit rascher in Strabismus divergens übergingen, als die Hyper- und Emmetropen".

Der durch die Anstrengung steigenden Ermüdung muss es indessen meistens bald unterliegen. Das Lesen beginnt z. B. binocnlär, allein nach einiger Zeit weicht das eine Auge unwillkührlich und unbewusst ab, so dass man die Klage vernimmt, es schiebe sich eine Blattseite über die andere. Man kann nun zahlreiche Uebergänge constatiren. Nähert man den Gegenstand den Augen immer mehr, so nimmt die Convergenz bis fast auf ihr Maximum zu. Bleibt der Gegenstand hier, so weicht das eine Auge um so rascher ab, je näher der Gegenstand dem Convergenzmaximum war. Unmittelbar weicht es ab, wenn man den Gegenstand bis innerhalb des Convergenzmaximums bringt. Diess geschieht auch, sobald man bei starker Convergenz das eine Auge mit der Hand bedeckt. Wird die bedeckende Hand dann weggenommen, so bleibt nichtsdestoweniger die Abweichung fortbestehen. Auch wenn der Gegenstand dem Auge genähert wird, während man das andere, übrigens geöffnete Auge mit der Hand verdeckt, kommt es selten zu einer genügenden Convergenz. Das Streben, das auf grösseren Abstand begonnene binoculäre Sehen festzuhalten, war die Bedingung, unter welcher die Convergenz zu Stande kam; bei vollkommen stabil gewordenem, relativ divergirendem Schielen bleibt sie sogar auch dann aus. Am schwersten kommt sie immer zu Stande, wenn die Augen nach oben gerichtet sind. Als Uebergang beobachtet man, dass sie bei Ermüdung ausbleibt, nach Erholung durch Ruhe wieder auftritt.

Auf der Grenze zwischen abwechselndem und stabilem relativ divergirendem Schielen liegt noch ein praktisch wichtiger Zustand, auf welchen ich früher bereits aufmerksam machte. [1]) Der Zustand ist folgender: Es besteht noch Neigung zur Convergenz, man sieht diess, wenn man ein Object näher bringt; allein noch ehe die Entfernung des deutlichen Sehens erreicht ist, oder wenigstens bald nachher, weicht das eine Auge ab. Gibt man dabei eine Concavbrille, die den binoculären Fernpunkt auf 8″, 10″ oder 12″ bringt, so wird wieder mit beiden Augen gesehen. Oft indessen hört man nun Klagen über entstehende Ermüdung, und die Untersuchung lehrt, dass nicht die Anstrengung der Accommodation, sondern die erforderte Convergenz, sei sie auch relativ gering, die Ursache davon ist. Folglich ist Asthenopia muscularis im Spiel, wobei nun, um das binoculäre Sehen zu ermöglichen, die Combination concaver mit prismatischen Gläsern nothwendig wird. In diesen Fällen vor Allem wird es deutlich, dass die Ursache des relativ divergirenden Schielens allein in der behinderten Beweglichkeit nach innen zu suchen ist, während das Streben, beide Netzhäute gemeinschaftlich zum binoculären Sehen zu verwenden, ungestört fortbestehen kann. Erst bei dem absolut divergirenden Schielen wird diess, wie sich herausstellen wird, nicht selten aufgehoben.

Oben haben wir gesehen, wie bei progressiver Myopie das binoculäre Sehen in der Nähe sich gewöhnlich vergeblich zu behaupten strebt. Davon bestehen indessen Ausnahmen. „Eine kräftige Zusammenwirkung der Mm. recti interni“ gehört nach v. Graefe [2]) zu einer „relativ normalen Kurzsichtigkeit.“ Er geht selbst so weit, zu behaupten, dass es als ein pathologischer Zustand zu betrachten sei, „wenn die Steigerung in dem Span-

[1]) Arch. f. Ophth. B. VII, Abth. 1, p. 83.
[2]) Arch. f. Ophth. B. III., 1, p. 309.

nungsvermögen der innern Augenmuskeln nicht in harmonischer Entwicklung mit der Zunahme des Brechzustandes (der Myopie) bleibt." Selbst bei hohen Graden von Myopie können, sei es wegen günstiger Formveränderung des Augapfels, sei es wegen ursprünglichen oder erworbenen Uebergewichts der innern geraden Augenmuskeln, bisweilen die Gesichtslinien beim Sehen in der Nähe richtig eingestellt sein und ohne Anstrengung in dieser Richtung erhalten werden. Diess geschieht dann meistens auf Kosten der Beweglichkeit nach aussen. Beschränkung derselben bleibt hierbei nie aus, und sie kann dann einen solchen Grad erreichen, dass die Gesichtslinien beim Sehen in die Entfernung nicht zum Parallelismus gebracht werden können: es ist nun relativ convergirendes Schielen vorhanden. Wird aber auch in diesen Fällen die Convergenz für nahe Gegenstände unzureichend, so ist die sonderbare Combination von relativ divergirendem Schielen beim Sehen in der Nähe mit relativ convergirendem beim Sehen in die Ferne vorhanden, während auf mittlerem Abstand ein gewisser Spielraum für das binoculäre Sehen übrig geblieben ist. Es erinnert diess an die Combination von Myopie mit Presbyopie.

Inzwischen gehört, wie ich schon bemerkte, diess alles zu den Ausnahmen. Die Regel ist, dass die Leichtigkeit der Convergenz nicht gleichen Schritt mit der Entwicklung der Myopie hält, und dass gar bald die Neigung zu relativ divergirendem Schielen bemerkbar wird. Meine Untersuchungen haben mich überzeugt, dass bei Myopie, wenn man von parallelen Sehlinien ausgeht, sehr bald die Beweglichkeit nach innen einigermaassen beschränkt zu sein pflegt*), während die nach aussen durchaus keine Einbusse erleidet; ja

*) Ueber diesen Gegenstand hat Dr. J. Blaemert Schuerman nähere Untersuchungen angestellt und in seiner Inaugural-Dissertation: Vergelykend onderzoek der bewegingen van het oog by emmetropie en ametropie. Utrecht. 1864, (auch abgedruckt in: Vyfde Jaarlyksch verslag betrekkelyk het Nederlandsch Gasthuis voor ooglyders (p. 1—65) veröffentlicht. Er erhielt dabei folgende Resultate:

1. Die totale Excursion in horizontaler Richtung ist bei Myopen kleiner, als bei Emmetropen: bei diesen wurde im Mittel 87°, bei jenen 79° gefunden. Ausnahmsweise findet man bei Myopen eine grosse Excursion. Wie bei Emmetropen, sind bei derselben Person die Excursionen für beide Augen meistens nahezu gleich.— 2. Die Excursionen sind im Allgemeinen um so geringer, je höher der Grad der Myopie ist. In 5 Fällen von $M = \frac{1}{2\frac{1}{4}}$ bis $\frac{1}{1\frac{3}{4}}$ betrug die horizontale Excursion im Mittel 73°·8, in 5 Fällen von $M = 1/20$ bis $1/5$ im Mittel 80°·3. — 3. Wie bei Emmetropen, nehmen die Excursionen mit zunehmendem Alter ab: bei 8 Myopen über 40 Jahren wurde im Mittel 74°·1, bei 8 unter 40 Jahren 83°·7 gefunden. — 4. In Bezug auf die Gesichtslinie ist das Verhältniss der Excursionen nach innen und nach aussen für Myopen und Emmetropen nahezu dasselbe: nach aussen wurde für Emmetropen 42°, nach innen 45° gefunden, für Myopen resp. 38° und 41°. In Bezug auf die Hornhautachsen findet man bei Emmetropen nach aussen 47° nach innen 40°, bei Myopen resp. 39° und 40°. — 5. Das Minimum der Convergenz ist bei Myopen sehr verschieden. Ausnahmsweise liegt der Convergenzpunkt sogar näher am Auge, als bei Emmetropen. — 6. Unter dem Einfluss von Prismen, mit dem brechenden Winkel nach aussen, erreichen Myopen im Mittel eine Divergenz von 5°.8, Emmetropen von 3°·9. — Bei Emmetropen wurde in verticaler Richtung die Excursion oft ein wenig grösser gefunden; die Bewegung nach unten im Mittel 57°, die nach oben nur 54°, die totale Excursion 91°. — Früher wurden höhere Werthe gefunden (Young 110°, Purkinje dasselbe, Valentin horizontal 110° bis 112°, vertical 100° bis 103°). Die Methode war aber nicht genau. An den

dass die Schlinien unter dem Einflusse eines Prismas gewöhnlich zu grösserer Divergenz gebracht werden können, als bei Nicht-Myopen. Für eine leichtere Convergenz der Myopen schien wohl zu sprechen, dass, wie meine Bestimmungen der relativen Accommodationsbreite lehrten, gewisse Convergenzgrade möglich sind, ohne verhältnissmässige Anstrengung der Accommodation. Hierin liegt jedoch durchaus kein Beweis. Wir erfahren daraus nur, dass die Association der accommodativen Anstrengung sich durch Uebung bis zu einer gewissen Höhe von der Anstrengung zur Convergenz frei machen kann, um erst bei stärkeren Graden aufzutreten.

Der absolut divergirende Strabismus charakterisirt sich durch Divergenz der Schlinien beim Sehen in die Ferne. Beim Sehen in die Nähe bleibt die Divergenz bisweilen unverändert; bisweilen nimmt sie ab, oder macht selbst einer, wenn auch unzureichenden, Convergenz Platz. Das binoculäre Sehenist jedenfalls dabei ausgeschlossen. Einige Male beobachtete ich, dass beim Sehen auf grosse Entfernung Divergenz bestand, dass diese aber beim Sehen auf einen Abstand von wenigen Fussen und Zollen zureichender Convergenz Platz machte, welche indessen dann nicht festzuhalten war. Diess Factum ist beachtenswerth. Es möge seine Erklärung darin finden, dass das binoculäre Sehen für die Beurtheilung nahegelegener Gegenstände viel mehr Bedeutung hat, als für die entfernter. — Anfangs besteht der divergirende Strabismus durchgehends in geringem Grade und nimmt nur langsam zu. Bisweilen bleibt er das ganze Leben hindurch in nur geringem Grade bestehen. Es ist mir so vorgekommen, als ob gerade die höchsten Grade von Strab. diverg. nicht selten einen andern Ursprung als einfache Myopie haben. Meistens pflegt man nur dem absoluten den Namen Schielen zuzuerkennen. In diesem Sinne ist er weniger häufig, als Strabismus convergens. Sind hier nun auch ungefähr eben so viele Fälle, wie bei Strabismus convergens, aus primären Störungen der Muskeln (Paralyse, Entzündung, Krampf, complicirte angeborne Anomalien etc.) zu erklären (ein blindes Auge weicht auch häufig nach aussen ab), so kann doch Myopie als ätiologisches Moment hier nicht in dem Maasse in den Vordergrund treten, wie Hypermetropie im Verhältniss zu Strabismus convergens; gleichwohl wird auch in ungefähr zwei Drittheilen der Fälle von absolut divergirendem Strabismus Myopie gefunden. Zieht man dagegen auch den relativ divergirenden Strabismus mit in Rechnung, so ist die divergirende Form ebenso frequent, wenn nicht frequenter, als die convergirende, und nun treten auch die aussergewöhnlichen, ursprünglich von den Muskeln oder von der Blindheit des einen Auges ausgehenden Ursachen in den Hintergrund; in wenigstens 90 p. Ct. der Fälle von relativ divergirendem Strabismus findet man Myopie. — Oefters wurde beobachtet, dass, während Strabismus convergens meistens im kindlichen Alter entsteht,

Grenzen der Excursionen glaubt man immer mehr excentrisch zu fixiren, als wirklich der Fall ist. Darum wurde die wirkliche Lage der Hornhaut von Schuerman bei dem Versuche an einem Spiegelbilde bestimmt, und nachher durch Kopfbewegung die Fixation, wobei wieder genau dieselbe Lage erhalten wurde, bequem gemacht und also richtig beurtheilt. Hierüber und über den Grund der geringeren Excursion bei Myopen vergleiche man das Original. Insbesondere bemerkt Schuerman, dass das Uebergewicht der Mm. recti externi sowohl von stärkerer Ausdehnung dieser Muskeln bei Vergrösserung des Auges, als von der Verschiebung des gelben Fleckes abhängig sein kann.

man den Strabismus divergens gewöhnlich erst später sich entwickeln sieht. Die Beobachtung ist richtig. Das Factum hängt mit der Ursache des Entstehens, der progressiven Myopie, zusammen.

Entwickelt sich nun auch in der Regel der absolut divergirende Strabismus aus dem relativen, so folgt doch nicht immer — in den erwähnten Verhältnissen liegt der Grund davon — der absolute dem relativen nach. Anfangs schien mir diess sogar Ausnahme zu sein. Wir treffen hier ein gleiches Verhältniss zu der Ursache, wie beim convergirenden Strabismus. Wie die meisten Hypermetropen von demselben frei bleiben, so findet man sicher viele Myopen mit relativ divergirendem Schielen, ohne dass die Form des absoluten sich daraus entwickelt. Auch hier entsteht also die Frage: welche Nebenumstände bewirken das Auftreten des wahren, absolut divergirenden Strabismus?

Vielleicht werden wir die Frage umkehren können, wenn wir zuerst überlegen, warum im Allgemeinen die relative Ablenkung zu der absoluten disponirt. Das Resultat dieser Ueberlegung lässt sich so formuliren:

Relativ divergirendes Schielen veranlasst, wenigstens beim Sehen in der Nähe, differente Netzhautbilder auf den beiden gelben Flecken. Das Bedürfniss nach Uebereinstimmung der Eindrücke, das Streben nach einfachem, binocularem Sehen, muss im Allgemeinen hierdurch geschwächt werden. Eine bei beanspruchter Convergenz beginnende Ablenkung erreicht unmittelbar einen ziemlich hohen Grad, indem man einfach dem Drange der Muskeln nachgibt, vielleicht auch, um, wenn auch unbewusst, die Doppelbilder weiter von einander zu entfernen, oder sogar, um die der mühevollen Convergenz associirte Anstrengung der Accommodation auszuschliessen und dadurch den Fernpunkt des deutlichen Sehens von dem Auge zu entfernen. Im Allgemeinen, wenn, z. B. bei Blindheit des einen Auges, die innern geraden Augenmuskeln nicht länger zum Zwecke des binocularen Sehens in der Nähe zur Anspannung getrieben werden, wirken dieselben wegen verminderter Energie bald nicht mehr hinreichend, und die gewöhnliche Folge davon ist Strabismus divergens. Das relativ divergirende Schielen führt nun zu Arbeitslosigkeit, und wiederum ist verminderte Energie die Folge. Es treffen mithin zwei wichtige Factoren zusammen: geringerer Widerwille gegen Doppelbilder und verminderte Kraft der innern Muskeln. Es kann also nicht befremden, dass auch beim Sehen in die Ferne die Wirkung derselben bald nicht mehr hinreicht. Um so eher muss diess noch bei Myopen stattfinden, bei denen der Winkel α besonders klein ist, und folglich das Sehen in die Ferne eine geringere Divergenz der Hornhautachsen erfordert, wie bei Emmetropen. Ist nun die Wirkung der innern Muskeln einmal geschwächt, so wird die Anstrengung, die gemacht werden muss, um die Neigung zur Divergenz zu überwinden, den Fernpunkt leicht dem Auge nähern, die Netzhautbilder entfernter Gegenstände also noch diffuser machen, und instinctmässig wird darum die Anstrengung ausbleiben oder aufgehoben werden.

Hiermit ist ohne Zweifel die Entstehung des absolut divergirenden Strabismus hinreichend erklärt. Täusche ich mich nicht, so müssen wir nun auch, wie ich voraussah, die oben gestellte Frage umkehren. Wir fragen nicht mehr: welche Nebenumstände bewirken, dass bei Bestehen des relativen absolut divergirendes Schielen auftritt? Vielmehr fragen wir: worin liegt die Ursache, dass nicht jedes relativ divergirende Schielen zum absoluten führt?

Zuerst bemerke ich, dass auch absolut divergirendes Schielen, wie sich mehr und mehr herausstellt, bei hohen Graden von Myopie sehr allgemein ist, viel allgemeiner, als man sich vorstellt. Geringe Grade bleiben unbemerkt, weil, wenn auch die Sehlinien divergiren, doch die Hornhautachsen keine besondere Divergenz zeigen, sicher häufig noch weniger, als bei nicht schielenden Hypermetropen; erst bei dem Bedecken des fixirenden Auges kommt es an den Tag, dass die Gesichtslinie des andern zu weit nach aussen gerichtet war. Ich wiederhole indessen die Frage: worin liegt die Ursache, dass nicht jedes relativ divergirende Schielen in absolutes übergeht?

Die Ursache hiervon liegt zum Theil in dem Festhalten am binoculären Sehen. Wenn auch in Folge von relativ divergirendem Schielen der Drang nach gleichen Eindrücken auf den beiden gelben Flecken und anderen correspondirenden Punkten geschwächt worden, so ist er doch nicht aufgehoben. Dieser Drang allein widersteht bisweilen der Abweichung. Bei Vielen dreht sich wirklich das eine Auge hinter der deckenden Hand nach aussen, um beim Entfernen derselben wieder die richtige Stellung anzunehmen. Und wo die Abweichung ausbleibt, genügt das Vorhalten eines schwach prismatischen Glases mit der brechenden Kante nach der Nase zu, um uns von dem Streben nach binoculärem Sehen zu überzeugen: man sieht unmittelbar eine die Wirkung des Prismas corrigirende Convergenz sich einstellen. Nur bei den höchsten Graden von Myopie, bei denen auch ein stark markirter Gegenstand kein vergleichbares Bild entwirft, bleibt bei diesem Versuche die Convergenz aus. Daraus geht hervor, dass das Scharfsehen keine absolute Bedingung ist, um möglichst am Einfachsehen festhalten zu lassen.

Anderntheils suchen wir die Ursache des Ausbleibens des absoluten Strabismus in beschränkter Beweglichkeit der Augen. Nicht nur nach innen, sondern bisweilen auch nach aussen ist die Drehung des grossen ellipsoidischen Augapfels der Myopen behindert. Die Behinderung kann so weit gehen, dass, wie wir oben bemerkten, relativ convergirendes Schielen beim Sehen in die Ferne sich mit relativ divergirendem beim Sehen in der Nähe verbinden kann. Erreicht sie aber auch diesen Grad nicht, so hindert sie doch eine übermässige Abweichung nach aussen, zumal wenn das Bedürfniss des binoculären Sehens in demselben Sinne wirkt.

So stehen wieder, gerade wie beim convergirenden Strabismus, verschiedene treibende und widerstreitende Kräfte einander gegenüber, und es ist in der That schwierig, zu sagen, unter welchen Bedingungen die ersteren das Uebergewicht bekommen; die Erfahrung hat sie uns wenigstens nicht unmittelbar kennen gelehrt. Ohne Zweifel kommen jedoch in Betracht: *a*) Umstände, welche die Bewegung nach aussen befördern; *b*) solche, die dem binoculären Sehen seinen Werth nehmen. Zu den ersten rechnen wir ein ursprüngliches Uebergewicht der äussern geraden Augenmuskeln, grössere als die in Folge von Myopie gewöhnliche Verschiebung der Sehlinien (aussergewöhnlich kleiner oder selbst negativer Werth des Winkels α), ferner eine für die Bewegung nach aussen günstige Form und oberflächliche Lage des Augapfels. Zu den letzteren können gerechnet werden: verringerte Sehschärfe des einen Auges und vor Allem — Verschiedenheit der Refraction beider Augen. Diess letzte tritt als einflussreicher Factor auf. Ist der Unterschied der Refraction gross, das eine Auge stark, das andere kaum myopisch oder

sogar emmetropisch, dann ist es vielleicht Regel, dass beim Sehen auf Abstand das myopische Auge nach aussen abgelenkt ist. Diese Fälle liefern eine eigenthümliche Art von Strabismus divergens, welche unbedingt verdient, gründlich untersucht und gesondert beschrieben zu werden. Bisweilen, besonders im Beginn, ist das Schielen dabei nicht constant und zeigt sich nur entweder bei Ermüdung oder bei gewissen Gemüthszuständen; in andern Fällen kann es, wenn auch stark entwickelt, durch den Willen überwunden werden, namentlich in der Nähe für eine kurze Zeit, jedoch nicht ohne bald folgende Ermüdung, und jedenfalls ohne wesentlichen Vortheil für das Sehen. Nicht selten auch wird das eine Auge zum Sehen in die Ferne, das andere in der Nähe gebraucht. Meistens projicirt und urtheilt jedes Auge richtig, indem es selbständig sieht, und obgleich angegeben wird, dass derselbe Gegenstand sich mit dem einen Auge gesehen, grösser, mit dem andern kleiner zeigt. Noch mehr Merkwürdiges wäre hierüber zu sagen und vor Allem zu untersuchen. Was die Pathogenie betrifft, die uns allein hier beschäftigen soll, so ist leicht einzusehen, dass, erstens, das binoculäre Sehen in diesen Fällen nicht viel Werth hat; dass, zweitens, namentlich beim Sehen in die Ferne, die Doppelbilder gewöhnlicher Gegenstände kaum bemerkt werden, und man also leicht von dem Eindruck des stark myopischen Auges abstrahirt; dass, drittens, die beschränkte Beweglichkeit hier nur das eine Auge betrifft, und eine relative Ablenkung nach aussen daher auf weniger Widerstand stossen muss; und endlich, dass, sobald einige Anstrengung der Mm. recti interni erfordert wird, um Divergenz der Gesichtslinien zu verhüten, dieselbe darum wird ausbleiben müssen, weil das in die Ferne ziemlich scharf sehende schwach myopische oder emmetropische Auge in Folge der sich associirenden Anstrengung der Accommodation unmittelbar weniger gut wahrnimmt.

Ich muss hier einer durch meine Untersuchungen*) angeregten Arbeit v. Graefe's erwähnen, in welcher er nachweist, dass auch eine Form von Strabismus convergens in genetischem Zusammenhange mit Myopie steht. Diese Fälle betragen etwa $2^0/_0$ der Schielenden überhaupt. Es sind weder Augenentzündungen vorausgegangen, noch Trübung der brechenden Medien oder irgend welche Umstände vorhanden, die den binoculären Sehact beeinträchtigen könnten; man findet lediglich eine Myopie mittleren Grades, $^1/_6$ bis $^1/_{14}$. Untersucht man das dynamische Verhältniss des Muskelapparates, so findet man ein entschiedenes Uebergewicht der Mm. recti interni. Es besteht eine gewisse Analogie zwischen dieser in Rede stehenden Art des Strabismus convergens und dem Strabismus divergens in Folge von Insufficienz der Interni oder, was dasselbe ist, in Folge von Uebergewicht der Externi. Bei letzterem wird mit Annäherung des Objectes das dynamische Uebergewicht der Externi zu gross, um diesseits eines gewissen Abstandes durch die willkührliche Anstrengung der Interni gedeckt zu werden. In unserm Falle wird mit Entfernung des Objectes das Uebergewicht der Interni zu ausgesprochen, um jenseits einer gewissen Grenze durch willkührliche Anstrengung der Externi unterdrückt werden zu können. Doch scheinen bei Strabismus divergens die verlän-

*) Ueber die von Myopie abhängige Form convergirenden Schielens und deren Heilung. Arch. f. Ophth. X, p. 156.

gerten Interni durch Nachlass an Energie, beim Strabismus convergens dagegen die verkürzten Interni durch Verlust an Dehnbarkeit die Schuld der Pathogenese zu tragen. Das klinische Bild dieses Strabismus convergens charakterisirt sich daher durch Folgendes: Patient fixirt in der Nähe, zwischen 6″ und 12″, richtig und ohne Beschwerden. Rückt man den Gegenstand über den Fernpunkt hinaus, so kommt man an eine Grenze, an welcher der Sehact von einer unbehaglichen Verwirrung befallen wird. Die eine Sehachse schwankt hier gewöhnlich. Rückt man den Gegenstand noch weiter, so bleibt die convergirende Abweichung, und das ihr zukommende verkappte (Verwirrtsehen) oder klare Doppeltsehen wird stabil. Das Auge verharrt in der einmal angenommenen Abweichung, die gewöhnlich 3‴ beträgt. — Verlegt also v. Graefe die Ursache zunächst in ein dynamisches Uebergewicht der Mm. recti interni, so war er um so mehr berechtigt die entferntere Ursache in der Myopie zu suchen, als er schon früher darauf hingewiesen hatte, dass sich in den mittleren Graden von Myopie häufig ein Uebergewicht der Mm. recti interni über die Externi herausbildet, wenn das Accommodationsvermögen andauernd in Spannung erhalten wird.

Es ist bekannt, dass zuerst Buffon (Sur la cause du strabisme ou des yeux louches, in Mémoires de l'Académie, 1743. — Auch zu finden in: Buffon, Histoire etc. Supplém. IV, p. 416. Paris, 1777) die Hauptursache des Schielens in einem Unterschiede zwischen den beiden Augen suchte. Diesen Unterschied nennt er ziemlich unbestimmt „une inégalité de force dans les yeux". Offenbar hat er bei der gegebenen Erklärung einen Unterschied der Refraction vor Augen; allein bei seiner Untersuchung von Schielenden verwechselt er diess jedesmal mit einem Unterschied der Sehschärfe. Er versucht besonders zu zeigen, dass ungleiche Eindrücke derselben Gegenstände auf correspondirenden Theilen der Netzhaut störender sind, als die von ganz andern Objecten, und unter gewissen Umständen mag er hierin Recht haben. Instinctmässig soll darum das eine Auge abweichen. Hauptsächlich, ich möchte beinahe sagen ausschliesslich, hat Buffon dabei an Strabismus convergens gedacht; allein am Schlusse seiner Abhandlung spricht er doch auch von seltenen Fällen, in welchen das eine Auge beim Sehen in die Ferne, das andere in der Nähe gebraucht wird, während das nicht gebrauchte inzwischen entweder nach innen, oder nach aussen abweicht. Uebrigens meint Buffon, dass, so weit als das Accommodationsgebiet der beiden Augen zusammenfällt, auch wenn die Grenzen des Gebiets übrigens verschieden sind, beide Augen von demselben Gegenstande scharfe Bilder empfangen können, dass also die Anstrengung der Accommodation sich auf jedem Auge, unabhängig von dem anderen, nach dem Abstande des Gegenstandes regeln könne. Auf diesen Irrthum gründet er zum grossen Theile seine Beweisführung.

Joh. Mueller (Vergleichende Physiologie des Ges. p. 228) ist, indem er das Factum zulässt, mit der Buffon'schen Erklärung nicht zufrieden. Er gibt uns eine andere, merkwürdig vor Allem darum, weil eine Störung des Zusammenhanges zwischen Convergenz und Accommodation dabei zu Hülfe genommen wird. Wir vermissen bei Mueller die Unterscheidung zwischen Presbyopie und Hypermetropie; auch fragt er nicht, ob Strabismus convergens oder divergens zu erklären sei, und eine klare Einsicht in die Pathogenese konnte also nicht erhalten werden. Aber wir finden den Versuch erwähnt, bei welchem durch das Vorhalten eines Concavglases vor eines der Augen Strabismus convergens hervorgebracht wird, sobald dieses Auge zum scharfen Sehen gebraucht wird, — ein Versuch, welcher die Ausnahmsfälle von Strabismus convergens erklärt, in welchen das richtig gerichtete Auge hypermetropisch, das abweichende weniger hypermetropisch oder sogar emmetropisch, aber ursprünglich amblyopisch ist. Hätte Joh. Mueller vor beide Augen ein negatives Glas gehalten, so würde ihm nicht entgangen sein, dass auch dabei leicht eine Ablenkung nach innen eintritt, und vielleicht würde

sein durchdringender Blick auf einmal das Wesen der Hypermetropie und ihr Verhältniss zum Schielen durchschaut haben.

Der Unterschied der beiden Augen hinsichtlich der Sehschärfe oder der Refraction ist übrigens in Beziehung auf die Entstehung des Schielens von Einigen (Böhm, Das Schielen etc. l. c., und Arlt, Die Krankheiten des Auges, B. III, p. 306 u. f. Prag, 1856) zu viel, von Andern (Vergl. Ruete, Lehrb. der Ophthalmologie, B. II, p. 524) zu wenig gewürdigt worden. Ich glaube gezeigt zu haben, dass als unmittelbare Ursache des Strabismus der genannte Unterschied nicht auftritt, aber dass er wohl die Ursache werden kann, warum unter gewissen bestimmenden, in dem nicht abweichenden Auge zu suchenden Bedingungen Strabismus zu Stande kommt.

Auch der Zusammenhang zwischen Myopie der beiden Augen und Strabismus divergens ist früher nicht gänzlich übersehen worden. Joh. Mueller (l. c. p. 227) beschreibt sogar einen Strabismus myopum. „Es ist bekannt," so fängt er die Erklärung der Entstehungsweise an, „dass die Kurzsichtigen die nächsten Gegenstände nur mit einem Auge betrachten, während das andere, auch kurzsichtige Auge, mit seiner Sehachse ganz abgelenkt und in die Ferne gerichtet, undeutlich oder gar nicht sieht." Diess ist der Zustand, den wir relativ divergirenden Strabismus nannten. Er wurde bereits von Buffon, als auf seinen eigenen Augen vorkommend, beschrieben. Bei sich selbst beruft er sich zur Erklärung mit auf den Unterschied der Bilder auf beiden Augen; im Allgemeinen aber findet er in der bei Myopen erforderten, aussergewöhnlichen Convergenz die Ursache „que la vue est fatiguée et moins distincte qu'en regardant d'un seul oeil." Mueller stellt dieselbe Ursache oben an, weist aber noch dazu auf die durch die Convergenz zunehmende Refraction hin. Indessen denkt er, um zu erklären, dass später die Sehachse auch bleibend mehr weniger von der normalen Richtung abweicht, allein an die aus der Ablenkung folgende Vernachlässigung des einen Auges, und wir lesen dann auch nicht, dass die Ablenkung bestimmt nach aussen stattfinden muss. — Auch Ruete (l. c. B. I, p. 226) spricht über den Zusammenhang von Myopie und Strabismus. Wir sahen, dass, während im Allgemeinen mit den hohen Graden von progressiver Myopie relativ divergirender Strabismus mit Neigung zu absolutem verbunden ist, als Ausnahme sich die Convergenz beim Sehen in der Nähe behauptet, jedoch auf Kosten des Parallelismus beim Sehen in die Ferne. Diese Ausnahme nun, wobei Strabismus convergens — relativ, wenn man will, — sich mit progressiver Myopie verbindet, wurde von Ruete erkannt, nicht die Regel. Selbst von dem Vorhandensein des relativ divergirenden Strabismus konnte er sich nicht überzeugen, ohne Zweifel, weil er ihn bei zu geringen Graden von Myopie suchte, wo er gewöhnlich noch fehlt.

Im Allgemeinen ist man wenig befriedigt, wenn man die reiche Literatur über Strabismus in Hinsicht auf seine Ursachen zu Rathe zieht. Namentlich wurde Strabismus divergens längere Zeit sehr stiefmütterlich behandelt. Eine Unterscheidung der Ursachen nach den verschiedenen Formen ist nicht zu finden, und wo im Allgemeinen von den Ursachen des Strabismus die Rede ist, war man offenbar mit Gedanken an Strabismus convergens erfüllt. Ich habe denn auch allein noch auf die Schriften v. Graefe's bezüglich der Insufficienz der inneren geraden Muskeln hinzuweisen, in deren zahlreichen Modificationen der stufenweise Uebergang zu Strabismus divergens zu suchen ist und sicher auch von v. Graefe gesucht wurde. „Man kann überhaupt," so lesen wir in seiner letzten Abhandlung (Arch. f. Ophth. B. VIII, 2), „die Insufficienz als ein nach den Objectabständen variirendes, dynamisches Auswärts-Schielen definiren, welches durch den Drang nach Einfachsehen zur Zeit überwunden wird." Bedenken wir, dass, wie auch schon v. Graefe hervorhob, bei Myopie dieser Drang unterliegen muss, dann ist es, als ob wir die Entwicklung von absolut divergirendem Schielen aus Myopie unter gewissen Bedingungen schon vor uns sähen.

Unsere Untersuchungen haben zu folgendem schlagenden Gegensatz geführt:

Hypermetropie verursacht accommodative Asthenopie, welche auf active Weise durch convergirendes Schielen überwunden wird;

Myopie führt zu muskulärer Asthenopie, die auf passive Weise durch Strabismus divergens umgangen wird.

§ 32. Verhalten. — Behandlung. — Brillen. — Erläuternde Fälle. — Geschichte der Myopie. —

Die Heilung der Myopie gehört zu den piis desideriis. Je sicherer unsere Kenntniss von der Ursache dieser Anomalie wurde, desto mehr erscheint jede Hoffnung in Bezug auf ihre Heilbarkeit, auch für die Zukunft, zerstört. Solange man die Ursache der Myopie in vermehrter Convexität der Hornhaut finden zu können glaubte, schien das Bestreben, die letztere durch Druck wieder aufs Normale zu bringen (Purkinje*) und Ruete), nicht ganz verwerflich zu sein; aber die Idee, dass die ausgedehnten, verdünnten, atrophischen Membranen im myopischen Auge wieder in ihren natürlichen Zustand zurückgeführt werden könnten, ist einfach absurd. Ich kann selbst das Vorgehen derjenigen nicht gut heissen, welche, um die übermässige Länge der Sehachse zu compensiren, die Wölbung der Hornhaut unter das Normale zu bringen versucht haben. Systematischer Druck ist ein ausgezeichnetes Hülfsmittel um eine staphylomatöse Vorwölbung der Hornhaut bei krankhafter Erweichung derselben während des Heilungsprocesses zu verhüten, aber selbst wenn wir die Frage, ob eine gesunde Hornhaut durch Druck geändert werden könne, nicht in Erwägung ziehen, müssen wir uns gegenwärtig halten, dass von einer compensirenden Abflachung der Hornhaut kaum mehr zu erwarten steht, als von einem Concavglase; der eigenthümliche, krankhafte Process, von welchem die Myopie abhängt, und welcher bei hohen Graden mit Zerstörung des Auges droht, würde ungeändert bleiben. Auch die Therapie ist leider theilweise Sache der Mode. So ist gegenwärtig die Entleerung der wässerigen Feuchtigkeit aus der vordern Augenkammer an der Tagesordnung. Man hat nun auch von Anwendung dieser Methode bei Myopie gesprochen. Wenn dabei beabsichtigt wird, die Hornhaut abzuflachen, so wird dieses Ziel auf diesem Wege nicht erreicht werden, was um so weniger zu bedauern ist, da, wie ich schon bemerkt habe, der Myope daraus keinen wesentlichen Nutzen ziehen würde. Ueberdiess ist die Paracentese der vordern Kammer nicht immer ein ganz harmloser Eingriff. Früher lebten wir unter der Herrschaft der Myotomisten. Kühn aus Unwissenheit, haben Manche wirklich die Muskeldurchschneidung zur Hebung der Myopie ausgeführt, und haben sich sogar eingeredet, dass sie dadurch Heilung erzielt hätten. In Wirklichkeit aber hatten sie im Allgemeinen nicht myopische, sondern hypermetropische Augen der Operation unterzogen, und dieselbe war auch bei diesen erfolglos. Von einem andern Gesichtspunkte aus betrachtet, kann aber doch manchmal bei bestehender Myopie die Tenotomie anwendbar sein. Sind nämlich die Muskeln in Folge der Ausdehnung permanent zu sehr gestreckt, und wird der Augapfel in Folge dessen härter, so mag die Rücklagerung der Muskelinsertion durch Tenotomie den Druck vermindern, und es wird dadurch eine der Ursachen weiterer Entwicklung der Myopie beseitigt. Trennung der Sehne des Rectus externus ist, wie wir im vorigen Kapitel gesehen haben, nicht selten angezeigt, um die Convergenz bei hohen Graden von Myopie zu befördern, und der Augapfel erhält auch durch diese Durchtrennung eine geringere Spannung; es wurde

*) Neue Beiträge zur Physiologie des Sehens in subjectiver Hinsicht. p. 147.

daher der Vorschlag gemacht die Sehnen des Rectus internus und des Rectus externus zu trennen, um die bestehende Spannung zu vermindern, und diess wurde auch in manchen Fällen wirklich ausgeführt. Weitere Erfahrungen müssen über den Werth dieses Planes entscheiden. — Endlich wurde auch die Entfernung der Linse in Vorschlag gebracht. Dadurch, dass in Fällen von hochgradig myopischem Bau des Auges die kataraktöse Linse mit Erfolg extrahirt und darauf eine nahezu emmetropische Einstellung erzielt wird, sahen sich Operateure der Versuchung ausgesetzt, durch Extraction einer normalen Linse die Beseitigung der Myopie anzustreben. Ein Patient, der Dilettant in Opticis war, versuchte es sogar, mich zur Ausführung dieser Operation zu verleiten!

Ich brauche wohl nicht zu sagen, dass ein so folgenschweres Unternehmen, doppelt gefährlich wenn ein myopisches Auge und eine durchsichtige Linse dabei betheiligt sind, ein Unternehmen, wodurch im günstigsten Falle kein wirklicher Vortheil erzielt wird, strafbare Vermessenheit wäre. Es würde nicht nur das Staphyloma posticum ebenso bedrohlich bleiben, wie früher, sondern es würde auch das Accommodationsvermögen geopfert, und damit ein Vortheil verloren sein, der durch die etwas grösseren Bilder, welche vermittelst neutralisirender Gläser nach der Operation erzielt werden könnten, keineswegs aufgewogen wird.

Aus dem Obigen folgt, dass die Idee, hohe Grade von Myopie mit entwickeltem Staphyloma posticum zu heilen, aufgegeben werden muss. Eine andere Frage ist es, ob leichte Grade von Myopie wirklich geheilt werden können. Dass dieselben durch senile Metamorphosen im vorgerückten Alter abnehmen können, haben wir schon gesehen. Bei jungen Individuen hingegen konnte ich eine Verminderung der Myopie in keinem einzigen Falle feststellen. Wo diess bei oberflächlicher Beobachtung der Fall zu sein schien, war immer Accommodationskrampf im Spiele. Es ist jedoch oft behauptet worden, dass leichte Grade von Myopie entsprechenden Mitteln gewichen wären. Vor einigen Jahren schlug Berthold[1]) den Gebrauch einer Art Pultes vor, welches er Myopodiorthoticon (!) nennt, und durch welches der Myope gezwungen wird in grosser Entfernung von dem, was er lesen soll, zu bleiben, während diese Entfernung systematisch vergrössert wird. Burow wies jedoch überzeugend nach, dass durch Ausführung dieses Planes keine Verminderung der Myopie zu erwarten ist, da die Accommodation für den Fernpunkt etwas Passives und nichts Actives ist, und unterstützte seine Beweisführung durch das Experiment an seinen eigenen Augen. Berthold's Pult wurde auch in Königsberg ohne Erfolg versucht, und nach den Mittheilungen von v. Hasner waren auch die Versuche in Prag nicht von besserem Erfolge begleitet. Der letztgenannte Autor[2]) behauptet jedoch ausdrücklich, dass eine Myopie, welche von leichten Graden eines Staphyloma sclerotic ae abhängt, besonders im Beginne, durch Enthaltung des Auges vom Nahesehen wieder vermindert werden könne. Trotz aller Achtung vor der Zuverlässigkeit v. Hasners kann ich mich nicht enthalten die Richtigkeit dieser

[1]) Das Myopodiorthoticon. 1840.
[2]) l. c. p. 49.

Behauptung zu bezweifeln. Ich habe bei jugendlichen Individuen unter allen Umständen ein stetiges Wachsen der Myopie gefunden, eine Abnahme dagegen nie beobachtet. Manche Fälle, welche hie und da angeführt werden, verlieren ihre Beweiskraft, da aus ihnen nicht erhellt, dass der Fernpunkt, von welchem unser Urtheil in solchem Falle abhängt, mit erforderlicher Genauigkeit bestimmt wurde. Selbst hinsichtlich des von v. Hasner citirten Falles, in welchem die Myopie nach Typhus abgenommen haben soll, kann ich meinen Skepticismus nicht aufgeben. Hat vielleicht früher Krampf bestanden, der jetzt aufgehört hat? Ist Myosis gefolgt, welche nun das Lesen in grösserer Distanz ermöglicht? Wie diess auch immer sei, wir können ruhig die Verminderung des Staphyloma posticum bezweifeln und von jenen, welche das Gegentheil behaupten, überzeugende Beobachtungen verlangen.

Die Aufgabe des Augenarztes bei Myopie beschränkt sich darauf:

I. Die weitere Entwicklung der Myopie und das Auftreten secundärer Störungen zu verhüten.

II. Vermittelst entsprechender Gläser den Gebrauch des myopischen Auges bequemer und gefahrloser zu machen.

III. Die muskuläre Asthenopie durch den Gebrauch von Gläsern oder durch Tenotomie zu beheben.

IV. Die secundären Störungen der Myopie zu bekämpfen.

I. In der schon gegebenen Auseinandersetzung liegt, wie ich glaube, der Beweis, dass bei bestehender Praedisposition fortgesetzte Accommodation für die Nähe die Entwicklung des Staphyloma posticum befördert. Wo diese Praedisposition besteht, muss man von Jugend an auf der Hut sein. Ich habe schon bemerkt, dass in einem solchen Falle die Accommodation an sich nicht das Wirkende ist, da durch dieselbe nur die Form der Linse geändert wird, und diese letztere bei Myopie keine dauernde Veränderung erleidet. Es müssen daher Nebenumstände sein, durch welche die Accommodation für die Nähe auf mittelbarem Wege das Staphyloma posticum befördert. Von diesen Umständen kommen hauptsächlich zwei zur Beobachtung: starke Convergenz und eine nach vorn geneigte Körperstellung. Was die erstere betrifft, so müssen Myopen, um scharf zu sehen, das Object in das Accommodationsbereich bringen, und wenn die Myopie etwas bedeutender ist, so erfordert das binoculäre Sehen unter solchen Umständen eine starke Convergenz. Kinder und jugendliche Myopen mit grossem Accommodationsvermögen pflegen sogar, besonders bei schlechter Beleuchtung, die Objecte noch viel näher ans Auge zu bringen, als der Grad der Myopie eigentlich verlangt. Diese starke Convergenz vermehrt die Spannung des Augapfels durch Druck der Muskeln, vielleicht auch durch Druck gegen die umgebenden Gewebe, und der vermehrte Druck fördert die staphylomatöse Ausdehnung. Insbesondere wenn beginnende Insufficienz der Mm. recti interni die Convergenz erschwert, ist letztere mit grosser Spannung des Augapfels verbunden. Die starke Convergenz kann auf verschiedene Weise vermieden werden. Vor Allem lassen wir den Kranken viel in die Ferne sehen. Wir können jedoch das Sehen naher Objecte nicht absolut verhindern und geben daher Brillen, welche den Fernpunkt r' genügend, z. B. auf 16 bis 18 Zoll, hinausrücken. Zu gleicher Zeit muss der Kranke ernstlich gewarnt werden, nicht

auf kürzere Distanz, als auf 16″ oder 14″ zu sehen, wozu junge Individuen grosse Neigung haben; ein Lineal von dieser Länge mag für Eltern und Lehrer sowohl, als für den Myopen selbst, als Maassstab dienen. Ueberdiess ist es wünschenswerth, dass jede Arbeit öfter (z. B. jede halbe Stunde) auf einige Minuten unterbrochen werde. Bei sehr hohen Graden von Myopie wird gewöhnlich nur ein Auge gebraucht, und es ist dadurch die Convergenz ausgeschlossen. Diess scheint mir oft ein wünschenswerther Zustand zu sein, da bei starker Myopie das binoculäre Sehen seinen Werth verliert, und die erforderliche Spannung nur schädlich wirken kann. In solchen Fällen sind fürs Lesen keine Brillen zu geben; erstens, weil die Sehschärfe gewöhnlich etwas abgenommen hat, und die Verkleinerung der Bilder durch Concavgläser nicht willkommen ist; zweitens, weil mit dem Zurückweichen von r schädliche Versuche zur Convergenz und zum binoculären Sehen angeregt werden könnten. In jedem Falle müssen die Brillen so schwach sein, dass diese Folgen ausbleiben.

Eine vornüber gebeugte Körperhaltung wurde ferner als befördernde Ursache der Myopie aufgeführt. Eine solche Haltung führt nothwendigerweise zu Blutüberfüllung im Auge; der Zufluss des Blutes findet unter dem Einflusse der Schwere unter höherem Drucke statt, und auch während des Abflusses stehen die Venen unter höherem Drucke. Mit dem vermehrten Blutdrucke steigt aber auch die Spannung der Flüssigkeiten im Auge. Die Symptome der Reizung verbunden mit Hyperaemie, welche bei jungen Individuen die progressive Myopie gewöhnlich begleiten, sind, wie ich glaube, zum grössten Theile dieser eben erwähnten Ursache zuzuschreiben. Selbst bei Nicht-Myopen tritt, wenn das Gesicht horizontal gehalten wird, alsbald ein unangenehmes Gefühl von Druck in den Augen auf. Der erhöhte Druck der Flüssigkeiten befördert aber sicherlich schon an sich die Entwicklung des Staphyloms. Auf einem andern Wege ist aber die Blutüberfüllung noch schädlicher, nämlich, indem sie die entzündlichen Affectionen, unter deren Einflusse das Staphylom sich so rasch entwickelt, begünstigt und vielleicht gar anregt. Es ist daher für das Verhalten bei Myopie in der That die Hauptsache, den Kranken vor dem Arbeiten in vornüber gebeugter Haltung zu warnen. Da die meisten Arbeiten auf der horizontalen Platte eines Tisches verrichtet werden, so sind Myopen nur zu sehr geneigt jene Haltung anzunehmen. Man kämpft gegen diese Gewohnheit, indem man sagt, dass die Brustorgane dadurch leiden. Ohne diess in Abrede stellen zu wollen, glaube ich doch, dass die vornüber gebeugte Stellung hauptsächlich der Augen wegen verboten werden sollte. Im Allgemeinen wird alles das, was zur Vermeidung einer starken Convergenz empfohlen wurde, auch für unsern Zweck nützlich sein: nämlich die Gegenstände so weit, als es der Grad der Myopie gestattet, vom Auge entfernt zu halten, die Arbeit häufig zu unterbrechen, und durch entsprechende Gläser r in genügende Entfernung zu bringen. Wir können aber noch hinzufügen: mit dem Buche in der Hand zu lesen, und beim Schreiben ein hohes und schräges Pult zu gebrauchen. Dem letzteren lege ich eine besondere Wichtigkeit bei. Linear-Zeichnen auf horizontaler Ebene ist Myopen entschieden schädlich. Manche glauben wieder der Brust wegen beim Schreiben eine stehende Position anempfehlen zu müssen. Dafür sehe ich aber keinen hinreichenden Grund. Es genügt, dass die Höhe des Pultes der Höhe des Kopfes entspreche, und dass die Neigung so gross sei, als es die Umstände gestatten;

beim Schreiben liegt die Grenze da, wo die Tinte nicht mehr gut aus der Feder fliesst, aber selbst dann kann noch der Bleistift gebraucht werden. — Ferner muss hochgradigen Myopen ernstlich von Allem abgerathen werden, was zu vermehrter Herzaction oder zu Congestionen gegen den Kopf Veranlassung gibt, und zwar sowohl, um der Weiterentwicklung der Myopie Einhalt zu thun, als auch um secundäre Störungen zu verhüten.

II. Die Bestimmung von Brillen für Myopen ist eine Sache von grosser Wichtigkeit. Während Emmetropen und Hypermetropen durch den Gebrauch unzweckmässiger Gläser nicht leicht Schaden erwächst, so kann diess bei Myopen, insbesondere wegen des krankhaft ausgedehnten Zustandes des Augapfels und wegen der Neigung zum Weiterschreiten des Leidens, sehr gefährlich werden. Im Allgemeinen besteht eine grosse Scheu vor dem Gebrauche von zu starken Gläsern, und es wird als Regel hingestellt, eher zu schwache oder gar keine Gläser zu Gebrauchen, als zu starke. Bei dieser Regel wurde aber die nothwendige Unterscheidung zwischen den verschiedenen Refractionszuständen ausser Acht gelassen. Zu starke Gläser machen hypermetropische Augen myopisch, und myopische Augen hypermetropisch. Die Regel kann daher nicht für beide gleichmässig gelten. In der That ist es gewöhnlich viel weniger nachtheilig, einen bestimmten Grad von Myopie, als von Hypermetropie zu erzeugen, bei welcher letzteren ganz besonders grosse Ansprüche an das Accommodationsvermögen gestellt werden. Die Regel muss daher richtig in folgender Weise festgestellt werden: Bei Hypermetropie muss man sich hüten zu schwache, bei Myopie zu starke Gläser zu geben, und auf den zweiten Theil dieser Regel muss der grössere Nachdruck gelegt werden. Aber auch damit ist wenig gewonnen. Keine Gläser tragen, oder das Tragen zu schwacher Gläser kann dem Myopen ebenfalls nachtheilig sein. Es müssen daher alle Umstände aufgesucht werden, welche einen Einfluss auf die Wahl der Gläser ausüben können. Es ist schwer, bestimmte Regeln aufzustellen; doch will ich es versuchen.

Bei oberflächlicher Betrachtung scheint die Annahme gerechtfertigt zu sein, dass wir jeden Grad von Myopie nur zu neutralisiren brauchen, um dem Auge alle mit dem emmetropischen Auge verbundenen Vortheile zu verschaffen. Die Sache verhält sich jedoch ganz anders. Wenn nämlich das Auge bei neutralisirter Myopie in Bezug auf seinen Fernpunkt auch dem emmetropischen gleich ist, so besteht doch in Betreff der relativen Grenzen der Accommodation für jeden Convergenzgrad eine grosse Verschiedenheit, und auch die Sehschärfe ist gewöhnlich mangelhaft. Diese Verschiedenheiten würden schon an sich genügen, die Indication für eine vollständige Neutralisation der Myopie zu beschränken; wir werden aber noch mit andern Umständen bekannt werden, welche eine derartige Neutralisation geradezu verbieten. Eine Indication für vollständige Neutralisation besteht nur:

1. Wenn die Gläser ausschliesslich zum Sehen in die Ferne verwendet werden, z. B. in einer Doppel-Lorgnette, die nur zeitweise vor das Auge gehalten wird. Augenscheinlich befindet sich die Accommodation, wenn durch ein solches Glas in grosse Entfernung gesehen wird, im Zustande der Ruhe, und der Gebrauch des Glases kann daher nie Schaden verursachen. Sobald aber dieselben Gläser für kürzere Distanzen, zum Betrachten

von Zeichnungen, Stichen u. dgl. verwendet werden, kommen die Ausnahmen, von welchen ich später sprechen will, schon in Betracht.

2. Wenn die Myopie im Verhältnisse zur Accommodationsbreite gering und das Auge anderweitig gesund ist. In diesem Falle können die neutralisirenden Gläser in Form von Brillen getragen und selbst beim Schreiben und Lesen benützt werden. Ich halte es sogar für wünschenswerth, dass diess geschieht. Haben sich in mässigem Grade myopische Individuen in der Jugend an den Gebrauch von neutralisirenden Brillen gewöhnt, so sind ihre Augen in jeder Hinsicht den emmetropischen Augen ähnlich, und die Myopie ist unter solchen Umständen entschieden weniger progressiv. Ich kenne hiervon eine grosse Anzahl von Beispielen, selbst unter solchen meiner Freunde, die ihr ganzes Leben mit Studiren zubrachten. Gläser von — $^1/_{10}$, im siebenzehnten Lebensjahre in Anwendung gebracht, genügen oft noch mit fünfundvierzig Jahren sowohl zum deutlichen Sehen in die Ferne, als zu den gewöhnlichen Arbeiten in der Nähe. Erst in jenem Alter, wo Emmetropen Convexgläser brauchen, und oft sogar erst einige Jahre später, werden die neutralisirenden Brillen für die feinere Arbeit etwas zu stark, und wird es nöthig etwas schwächere anzuschaffen, welche bei der diesem Lebensalter zukommenden engeren Pupille nun auch für die Ferne ausreichen. In noch vorgerückterem Alter können entsprechend dem Grade der Myopie genügend corrigirende Brillen für die Ferne getragen und bei der Arbeit bei Seite gelegt werden. — Um alle Vortheile der Concavgläser zu geniessen, muss der Myope mit dem Gebrauche derselben frühzeitig beginnen. Beträgt die Myopie nur ein Viertel oder ein Drittel der Accommodationsbreite, so können wir dieselbe unmittelbar vollständig neutralisiren. Beträgt sie mehr, so müssen wir gewöhnlich mit schwächeren Gläsern beginnen und dieselben nach Ablauf von sechs Monaten durch stärkere ersetzen. Hat man ohne die nothwendigen Uebergänge zu starke Brillen gegeben, so kann sich diess unverzüglich durch die zu grosse Distanz des binocularen Fernpunktes kund geben, zeigt sich aber in jedem Falle durch das Auftreten von Ermüdung (Asthenopie) bei feineren Arbeiten. In dieser Hinsicht bestehen grosse individuelle Verschiedenheiten, welche hauptsächlich in der Lage der relativen Accommodationsbreite ihren Grund haben. Ist diese ungünstig, so darf man nur langsam mit der Stärke der Gläser steigen. Es ist nämlich die Folge des Tragens von Gläsern, dass die relative Accommodationsbreite verschoben wird, indem sie nach und nach in die dem emmetropischen Auge zukommende Position übergeht; es nähert sich desshalb der binoculäre Fernpunkt dem Auge, während der absolute Fernpunkt unverändert bleibt. — Die in solcher Weise neutralisirte Myopie ist weniger progressiv, weil sowohl starke Convergenz, als eine vornüber gebeugte Haltung vermieden werden. Ist jedoch die Neigung zu diesen so gross, dass sie selbst bei neutralisirter Myopie auftreten, so ist der Gebrauch von Gläsern bedenklich, es muss daher damit ausgesetzt werden, sobald man bemerkt, dass die Myopie ungewöhnlich progressiv ist. In diesem Falle ist es nöthig, für einige Zeit alle feineren Arbeiten zu untersagen. — Wenn nun aber in den erwähnten Fällen der Gebrauch von Gläsern auch wünschenswerth ist, so ist er doch nicht so nothwendig, dass wir in jedem Falle verpflichtet wären, sie in Anwendung zu bringen. Insbesondere hat das schöne Geschlecht Anspruch, dass man ihm etwas mehr Freiheit darin lasse.

Manche Umstände verbieten die vollständige Neutralisation der Myopie. Dieselben stehen in Verbindung:

a) Mit dem Grade der Myopie. — Bei sehr leichten Graden von $^1/_{60}$ bis $^1/_{18}$ können wir den Myopen sich selbst überlassen, bei höhern Graden ist, wie ich unter 2. auseinandergesetzt habe, die Neutralisation wünschenswerth. Bei den höchsten Graden, von $^1/_5$ aufwärts, ist die vollkommene Neutralisation für Arbeiten in der Nähe nicht angenehm, weil mit Rücksicht auf die gewöhnliche Abnahme der Sehschärfe die Bilder zu klein werden. Es ist besser, r auf 12 bis 16 Zoll*) zu bringen und den Kranken diesem Zweck entsprechende Brillen tragen zu lassen. Man verbinde aber damit noch eine Lorgnette mit Gläsern von $-\,^1/_{12}$ bis $^1/_{16}$, die beim Sehen in die Ferne vor die Brille zu halten ist. Die Annahme, dass in dieser Combination etwas Nachtheiliges liege, ist ein ungegründetes Vorurtheil. Wir können auch neben schwächern Gläsern für die Arbeit, stärkere für das gewöhnliche Tragen geben, aber vollkommen neutralisirende Gläser sind für die Dauer nicht angenehm, da die Myopie gewöhnlich im indirecten Sehen geringer ist, als im directen. Sowie im Allgemeinen zu starke Gläser bei Myopie sorgfältig vermieden werden müssen, so ist auch die von ihnen zu erwartende Gefahr desto grösser, je höher der Grad der Myopie ist.

b) Mit der Accommodationsbreite. — Entspricht die Accommodationsbreite, wie es gewöhnlich der Fall ist, dem Alter, so ist in dem unter 2. Gesagten schon enthalten, wie man bei der Wahl von Gläsern vorzugehen hat. Indem wir diess sagen, setzen wir voraus, dass von Jugend auf nahezu neutralisirende Gläser gebraucht worden sind. War diess nicht der Fall, so veranlasst die eigenthümliche Lage der relativen Accommodationsbreite Schwierigkeiten. Mässige Grade von Myopie, z. B. $^1/_{10}$, können wir im 35. Lebensjahre schon nicht mehr vollständig neutralisiren. Solange nur ferne Gegenstände mit neutralisirenden Brillen betrachtet werden, geht alles ziemlich gut; wir hören aber schon Klagen über die Anstrengung, welche erforderlich ist, um unsere Augen und unser Gesicht deutlich zu erkennen, während wir mit ihnen sprechen, und zu andauernder Arbeit taugen überdiess solche Brillen gar nicht. Wir müssen uns dann mit Gläsern begnügen, welche r auf ungefähr 24″ bringen, und wenn es nöthig ist, mit noch schwächern für die Arbeit, und nach Ablauf von sechs Monaten und mehr müssen wir untersuchen, ob wir mit der Stärke der Gläser etwas steigen können, ohne Asthenopie zu verursachen. — Von den optischen Hülfsmitteln bei wirklicher Störung der Accommodation werde ich bei der Behandlung der Anomalien der Accommodation sprechen.

c) Mit der Sehschärfe. — Dieselbe hat bei der Auswahl von Gläsern einen grossen Einfluss. Wir wissen, dass die Sehschärfe bei den höchsten

---

*) Um r, anstatt auf ∞, auf n Zoll zu bringen, geben wir Gläser, welche um $\frac{1}{n}$ schwächer sind, als jene, welche zur vollständigen Neutralisation erforderlich sind. Handelt es sich um starke Gläser, so muss auch die Entfernung vom Auge bei der Berechnung in Anschlag gebracht werden. Neutralisirt $-\,^1/_{10}$ die Myopie, so bringt $-\,^1/_{20}$ r auf 20″, $-\,^1/_{30}$ auf 15″, $-\,^1/_{60}$ auf 12″, weil $-\,^1/_{10} + {}^1/_{20} = -\,^1/_{20}$, $-\,^1/_{10} + {}^1/_{15} = -\,^1/_{30}$, $-\,^1/_{10} + {}^1/_{12} = -\,^1/_{60}$.

Graden von Myopie gewöhnlich herabgesetzt ist, und müssen daher sehr vorsichtig sein. Von Graefe betont mit aller Macht die grossen Gefahren, welche bei herabgesetzter Sehschärfe durch den Gebrauch von starken Gläsern für die Nähe entstehen. Die Objecte, insbesondere die Buchstaben, beim Lesen erscheinen dann kleiner, und, durch die Nothwendigkeit sie unter grösserm Sehwinkel zu sehen gezwungen, spannen solche amblyopische Myopen, um die Objecte näher ans Auge bringen zu können, ihr Accommodationsvermögen aufs Aeusserste an und befördern sowohl dadurch, als durch die begleitende Convergenz die weitere Entwicklung des bestehenden Staphyloms. Andererseits ist aber die Convergenz ohne Gläser noch stärker, und die Neigung zu vornüber geneigter Kopfhaltung noch grösser. So befinden wir uns in einem traurigen Dilemma, welches nur dadurch zu vermeiden ist, dass man feinere Arbeit fast ganz verbietet. Das günstigste Verhältniss tritt ein, wenn beim Nahesehen nicht convergirt und folglich nur ein Auge verwendet wird. Dann ist vom Lesen ohne Brillen, mit dem Buche in der Hand, geringerer Nachtheil zu befürchten; das Schreiben muss jedoch unterlassen werden. In denselben Fällen können wir älteren Personen gestatten, theilweise neutralisirende Brillen zu tragen, und mit diesen Brillen, durch ein Leseglas unterstützt, gelegentlich etwas zu arbeiten, was auf diese Weise in grösserem Abstand geschehen kann (vergl. pp. 193 u. ffd.). Smee gibt den Rath, dass in solchen Fällen sein Vergrösserungsglas (Amplifier) in Anwendung gezogen werde. In jedem Falle müssen wir darauf bestehen, dass im Lesen Maass gehalten und nur grösserer Druck gewählt werde, obwohl auch diess oft mit ganz besondern Schwierigkeiten verbunden ist. Um bei den höchsten Graden von Myopie mit herabgesetzter Sehschärfe einigermaassen gut in die Ferne zu sehen, gibt es keine anderen Mittel, als den Gebrauch eines Opernguckers oder des sehr portativen Glasconus von Steinheil*) für ein Auge. In solchen Fällen lässt ein vollkommen neutralisirendes Concavglas die entfernten Bilder so klein und die Objecte so entfernt erscheinen, dass das Sehen mit demselben durchaus nicht befriedigt. Unvollständig neutralisirende Gläser in einem stenopäischen Gestelle, welches die zurückbleibenden Zerstreuungskreise verkleinert, entsprechen noch besser.

d) Mit dem Alter. — Der Einfluss des Alters ist in der Abnahme der Accommodationsbreite und der Sehschärfe grösstentheils schon inbegriffen. In sehr vorgerücktem Lebensalter haben wir unsere Sorge mehr auf die Gegenwart, und weniger auf die Zukunft zu richten. Wir dürfen daher, um bei herabgesetzter Sehschärfe das Lesen zu ermöglichen, bei leichtern Graden von Myopie, r' selbst durch Convexgläser bis auf 6″, 5″ und selbst noch näher ans Auge bringen. Nur muss man den Gläsern eine solche Form geben, dass der

*) Ein einfacher, solider Conus von Glas, ungefähr einen Zoll lang, an der Basis convex, die entgegengesetzte Fläche concav, mit kleinerem Radius, als die convexe. Er wirkt, wie ein Galilei'sches Fernrohr; parallele Strahlen, an der convexen Fläche gebrochen, sind im Glase convergent, erhalten durch abermalige Brechung an der concaven Fläche eine divergirende Richtung und können sich auch auf der Retina eines entsprechenden myopischen Auges vereinigen. Die brechende Kraft steigt bei den für hohe Grade von Myopie erforderlichen Glasconi. Solche Coni sind bei Steinheil in München zu haben.

Kranke leicht über dieselben hinweg sehen kann. Alte Leute verstehen es selten, aus Gläsern à double foyer viel Nutzen zu ziehen.

e) Von der Natur der Arbeit und von der Entfernung, in welcher sie verrichtet werden soll. — Wer seine Myopie in der Jugend neutralisirt, kann auch in späterm Alter, wenn sein Gesicht übrigens gut ist, gewöhnliche Arbeit in jeder gewünschten Entfernung ausführen. Wer dagegen keine Brillen tragen konnte oder wollte, behält die den Myopen zukommende relative Accommodationsbreite und kann, wenn für irgend einen besondern Zweck das Sehen in einer etwas grössern Distanz erfordert wird, keine vollkommen neutralisirenden Brillen verwenden. Es gilt dann die Regel, den Fernpunkt durch Gläser genau auf jenen Abstand zu bringen, für welchen scharfes Sehen benöthigt wird. Die Nothwendigkeit hiezu wird besonders von Damen zum Notenlesen gefühlt, wobei r auf 18″ bis 24″ gebracht werden muss. Für die Ferne können sie ausserdem ein neutralisirendes Augenglas gebrauchen. Im Allgemeinen ist es auch beim Schreiben (beim Lesen ist es weniger nothwendig) wünschenswerth, um eine vornüber gebeugte Haltung und starke Convergenz zu vermeiden, r auf 14″ bis 16″, um das Eintragen in die bei den Kaufleuten gebräuchlichen Bücher zu ermöglichen, manchmal selbst auf 18″ zu bringen. Endlich muss man den Fernpunkt in eine ganz bestimmte Entfernung bringen, wenn es sich darum handelt, bei Vorlesungen, und insbesondere auf der Kanzel, sein Manuscript zu lesen. Besondere Aufmerksamkeit ist bei ältern Personen, die das Accommodationsvermögen verloren haben, und deren Sehvermögen herabgesetzt ist, — selbst wenn sie immer Brillen getragen, — nöthig, im Allgemeinen bei jenen, deren Myopie nicht neutralisirt werden kann. Auf ganz besondere Schwierigkeiten stossen wir bei solchen, deren Sehschärfe herabgesetzt ist, da sich diess nicht immer durch die möglichste Verminderung des Abstandes und durch die Anwendung verhältnissmässig schwacher Gläser überwinden lässt. Derartige Individuen kann man schwer zufrieden stellen. Sie sehen den kleinsten Druck auf 3″ bis 4″ Entfernung und sind erstaunt, dass sie viel grössere Schrift mit Brillen nicht auf 18″ lesen können. Sie bedenken nicht, dass die Entfernung eine vier bis sechsmal grössere ist, und dass durch Concavgläser die Bilder noch kleiner werden. Es bleibt folglich nichts zu thun übrig, als besonders gross zu schreiben.

Wir haben in einem eigenen Paragraphen das Sehen der Myopen besprochen. Wir haben auch den directen Einfluss der Gläser auf die Beobachtung und auf die Beurtheilung des Beobachteten untersucht (pp. 121 u. ffd.) und brauchen um so weniger auf den Gegenstand zurückzukommen, als manche darauf Bezug habende Punkte bei Besprechung der Indicationen und Contraindicationen für Concavgläser abermals zur Sprache kamen. Was den indirecten Einfluss derselben (die Folge eines längeren Gebrauches) betrifft, so haben wir die Verschiebung der relativen Accommodationsbreite und die Annäherung des binoculären Fernpunktes kennen gelernt. Wir können noch hinzufügen, dass die anfängliche ungenaue Schätzung von Grösse, Entfernung und Gestalt sich ziemlich schnell verliert. Sehr bemerkenswerth ist es, dass Myopen, wenn sie anfangen Brillen zu tragen, unmittelbar darauf unbewusst grösser zu schreiben beginnen, als zuvor, und dass sie nach einiger Zeit

unwillkührlich wieder zu ihrer frühern Handschrift zurückkehren, wenn sie nicht mit beträchtlicher Energie der Neigung Widerstand leisten. Eine andre Folge des Brillentragens ist die, dass die Augen, wegen der Gewohnheit immer nahezu durch die Achsen der Gläser zu sehen, nach und nach ihre Bewegungen einschränken. Diese Einschränkung dauert auch nach Entfernung der Brillen fort, und die Bewegungen des Kopfes ersetzen vorzugsweise die nothwendigen Bewegungen der Augen und geben den an Gläser gewöhnten Myopen eine eigenthümliche Haltung.

III. Wir haben bereits gesehen, dass bei hohen Graden von Myopie die innern geraden Augenmuskeln häufig insufficient werden, und dass diese Insufficienz durch verschiedene Stufen sich zu relativem, ja selbst zu absolutem Strabismus divergens entwickeln kann (§ 31). Die Insufficienz macht sich zuerst durch muskuläre Asthenopie beim binoculären Sehen in der Nähe bemerkbar. Manchmal finden wir (wenigstens für einige Zeit) das eigentliche Heilmittel für diesen Zustand in Concavgläsern, welche r_2 auf 12″ bis 14″ bringen, und können dieselben desshalb, falls nicht aus andern Gründen eine Contraindication besteht, versuchsweise anwenden. Wir können dabei auch, wenn es nothwendig erscheint, den Abstand der Gläser von einander um etwas verkleinern, wodurch geringere Anforderungen an die innern Augenmuskeln gestellt werden (vergl. p. 141). In andern Fällen kann der Gebrauch von Brillen selbst Veranlassung zu muskulärer Asthenopie geben. So ist bei sehr hohen Graden von Myopie relativer Strabismus divergens ein sehr gewöhnliches Vorkommniss; es bleibt in der That für die kurze Entfernung, in welcher das Sehen deutlich ist, die Convergenz ungenügend, und in Folge dessen wird nur ein Auge verwendet, während das andere nach aussen abgelenkt wird. Wenn nun r in solchen Fällen durch Concavgläser in grösseren Abstand verlegt wird, so kehrt manchmal das Bestreben binocular zu sehen, zurück, und es sind dann die Mm. recti interni gezwungen sich so kräftig anzuspannen, dass muskuläre Asthenopie unausweichlich auftritt. Diess ist nun aber nicht allein lästig und ermüdend, sondern auch schädlich, da es eine weitere Entwicklung der Myopie begünstigt. Wir können das Auftreten von muskulärer Asthenopie erwarten, wenn das eine Auge, sobald es bedeckt wird, wahrnehmbar nach aussen abweicht und bei Entfernung der Hand, um seine frühere Richtung zu erlangen, wieder nach innen zurückkehrt. Was in solchen Fällen zu thun ist, ist oft schwer genug zu entscheiden, denn die Regeln, welche für Insufficienz der innern Augenmuskeln bei Nicht-Myopen gelten, finden für die muskuläre Asthenopie bei Myopen keineswegs Anwendung. Vor Allem ist der erwähnte Zustand im erstern Falle gefahrlos, und es ist selbst statthaft den Versuch zu machen, durch systematische Uebung mit prismatischen Gläsern die Energie der innern Muskeln anzufachen. Bei Myopie hingegen kann an eine Heilung der Insufficienz der innern geraden Augenmuskeln nicht gedacht werden. Die Insufficienz entwickelt sich sobald sie einmal begonnen, immer mehr und mehr, und zwar doppelt rasch, wenn, wie gewöhnlich, die Myopie eine progressive ist. Oft ist kein Ausgang möglich, als die Ausschliessung des einen Auges durch Strabismus divergens. In den schlimmsten Fällen ist die Beweglichkeit sogar so beschränkt, dass sie sowohl nach ein-, als nach auswärts ungenügend ist. Diese beiden Zustände

sind im vorigen Paragraphen deutlich genug auseinander gesetzt worden. Ich habe mich oft, wenn ich die Gefahr sah, welche mit der kräftigen Action der Mm. recti interni verbunden ist, und die Aussicht vor mir hatte den Fortschritt der Insufficienz nicht hindern zu können, gefragt, ob wir nicht einfach der Neigung zum Auswärtsablenken, welche die muskuläre Asthenopie durch Vermittlung des relativen Strabismus divergens behebt, nachgeben sollten. Von Graefe*) ist der Meinung, dass wir uns nur bei übermässiger Myopie zu diesem Opfer entschliessen sollten, um die Asthenopie zu vermeiden. Es kann jedoch auch ein Mittelweg eingeschlagen werden; wir können das Lesen ohne Gläser, d. i. mit Ausschluss des einen Auges, gestatten, geben jedoch zum Schreiben und für solche Arbeiten, welche zur Vermeidung einer vornüber gebeugten Haltung in etwas grösserer Entfernung ausgeführt werden müssen, prismatisch-concave Gläser. Die Concavität dieser Gläser soll derart sein, dass sie den Fernpunkt auf 12″ bis 16″ bringt, und der Winkel des Prisma soll so gross sein, dass beim Sehen in einer Entfernung von 12″ bis 16″ das Bedecken eines Auges nicht mehr von irgend einer Ablenkung nach aussen begleitet ist. Von Graefe ist ein warmer Anwalt dieser Combination, welche auch wirklich, falls sie für individuelle Fälle mit grosser Sorgfalt ausgeführt wird, binoculäres Sehen ohne Asthenopie ermöglicht. Wir können selbst, wenn wir besondere Erfolge bemerken, den Gebrauch dieser Gläser zum Lesen gestatten; werden jedoch die Schwierigkeiten nicht vollständig gehoben, so muss ihr Gebrauch aufs Schreiben beschränkt, und selbst dabei Mässigkeit beobachtet werden, und wir dürfen nicht zögern, wenn der Kranke nach wiederholten Versuchen fortfährt zu klagen, das eine Auge zu opfern.

„Das eigentliche Heilmittel", sagt v. Graefe, „ist vor Allem die Tenotomie des Musculus rectus externus." Sie kann selbst dort, wo Myopie die Ursache des Leidens ist, manchmal ausgezeichnete Dienste leisten. In solchen Fällen jedoch wird sie relativ selten in Anwendung gezogen, solange blos Insufficienz der geraden Muskeln ohne Strabismus divergens vorhanden ist. Die Ursache davon liegt in der beschränkten Beweglichkeit der Augen bei hohen Graden von Myopie, deren Grund wir schon angegeben haben. Sie wird in der That im Allgemeinen nur dann thunlich sein, wenn nach der Operation kein Strabismus convergens beim Fernsehen, selbst wenn etwas nach der operirten Seite gesehen wird, zu erwarten steht. Von Graefe hat die Indicationen von diesem Standpunkte aus mit grosser Genauigkeit festgestellt. Die Conditio sine qua non für die Tenotomie ist die, dass unter dem Drange zum Einfachsehen eine gewisse Divergenz der Sehlinien auftreten kann. Diess soll (nach Neutralisirung der Myopie durch Vorsetzen von in richtigem Abstand von einander gestellten Concavgläsern) mittelst prismatischer Gläser erprobt werden; wir sollen untersuchen, mit welchem Prisma, den brechenden Winkel nach aussen gehalten, noch Einfachsehen in der Ferne erzielt werden kann. Das stärkste Prisma, welches noch überwunden werden kann, gibt nun das Maass für die mögliche Divergenz. Es ist statthaft die Tenotomie so auszuführen, dass diese mögliche Divergenz vollständig behoben wird. Man darf anfangs selbst beim Gradaussehen eine Convergenz von 1 bis $1\frac{1}{2}^{mm}$ erhalten, da dieselbe nach der Vernarbung wieder verschwindet. Besteht schon ohne

*) Arch. für Ophth. VIII, 2. p. 314.

Anwendung von prismatischen Gläsern beim Fernsehen Divergenz der Sehlinien, so besteht gegen die Tenotomie nicht das geringste Bedenken, obwohl wir auch dann noch aus dem Maximum der überwindbaren Prismen den zu erhaltenden Effect zu bestimmen suchen müssen. Wir dürfen jedoch nicht annehmen, dass wir mit der Aufhebung der möglichen Divergenz immer das binoculäre Sehen für die Nähe bequem gemacht haben. Wir werden in dem Falle, dass in der Entfernung, für welche wir binoculäres Sehen wünschen, die Ablenkung des Auges hinter der Hand um Vieles grösser ist, als die äusserste Divergenz, welche uns durch Tenotomie zu corrigiren gestattet ist, nach der Tenotomie für den nämlichen Abstand einen Grad von Insufficienz zurückbehalten, welcher beim binoculären Sehen, wenn dasselbe nicht vollständig fehlt, noch immer Veranlassung zur Asthenopie geben wird. Wir müssen daher in solchen Fällen darauf rechnen, dass die Correction nach der Tenotomie durch prismatisch-concave Gläser wird unterstützt werden müssen. Hieraus folgt auch weiter, dass, im Falle beim Fernsehen nur verhältnissmässig sehr schwache Prismen überwunden werden können, die Operation sicherlich den Zweck nicht erreichen wird, und dass sie absolut contraindicirt ist, wenn gar keine Divergenz möglich ist. Von v. Graefe sind gewisse Regeln aufgestellt worden, vermöge welcher der Erfolg der Tenotomie entsprechend dem Grade der Ablenkung dosirt werden kann. Eigene Erfahrung ist jedoch ebenfalls nöthig. Ich fand im Allgemeinen, dass der Erfolg der Tenotomie bei stark myopischen Individuen ein geringerer war.

IV. Therapeutische Behandlung. — Für die Myopie als solche gibt es keine therapeutische Behandlung. Die Myopie beruht auf einer Anomalie der Form, welche keiner Verbesserung fähig ist, und es können hygienische Maassregeln höchstens ihre weitere Entwicklung hintanhalten. Die Myopie ist jedoch nicht selten durch Symptome der Reizung und Entzündung und andere pathologische Befunde verschiedener Art complicirt, welche zum Theil durch sie hervorgerufen werden, zum Theil ihre Entwicklung befördern; und bei diesen Complicationen ist es die Aufgabe des Arztes nach Möglichkeit einzuschreiten. Es liegt nicht im Plane dieses Werkes, in detaillirte Besprechungen therapeutischer Fragen einzugehen. Da dieses Buch von den Anomalien der Refraction handelt, muss es den Leser allerdings auch mit den denselben entgegenwirkenden dioptrischen Mitteln bekannt machen; es kann jedoch nicht in extenso die Complicationen, welche weder nothwendigerweise zum Wesen dieser Anomalien gehören, noch für dieselben charakteristisch sind, — und noch viel weniger ihre Behandlung besprechen. In Betreff derselben können daher hier nur kurze Andeutungen in Verbindung mit einigen prognostischen Winken gegeben werden.

Im Vordergrunde stehen die Symptome der Reizung zur Zeit der Pubertät, welche sich durch Capillar-Hyperaemie der Sehnervenscheibe (und der Netzhaut), sowie durch Ermüdung und Schmerz im Auge, insbesondere bei abendlicher Anstrengung charakterisiren. Unter solchen Umständen müssen wir besonders streng in Bezug auf die hygienischen Maassregeln (vergl. p. 342) sein, und dieselben sind in manchen Fällen schon an und für sich genügend. Von grosser Wichtigkeit ist es auch, die Füsse warm zu halten. Häufig ist eine Douche auf die geschlossenen Augenlider angenehm. Weichen die Sym-

ptome nicht, so können wir unter Vermeidung einer erregenden Diät etwas ableitend auf den Darmkanal wirken, und können ausserdem noch stimulirende Einreibungen in die Stirn- und Schläfengegend empfehlen, welche jedoch bei gleichzeitig bestehender äusserer Reizung der Augen aus nicht flüchtigen Mitteln bestehen sollen. Gleichzeitig muss, insbesondere wenn die Myopie stark progressiv ist, jede Anstrengung vermieden werden. Arbeit muss, so weit sie gestattet, bei leichten Graden von Myopie ohne Brillen ausgeführt, und bei höhern Graden muss *r* genau auf 12″ gebracht werden. Sobald Schmerz oder Ermüdung auftritt, muss die Arbeit in jedem Falle unterbrochen werden, und scheint die Brillen rasche Ermüdung hervorzurufen, so dürfen wir nicht auf ihren Gebrauch dringen und müssen blos Sorge tragen, dass der Kranke bei jedwelcher Arbeit, die er noch ausführt, eine richtige Haltung annehme. Besteht der Verdacht, dass die Symptome der Reizung, wie diess bei hohen Graden von Myopie in der Jugend oft geschieht, Accommodationskrampf hervorgerufen haben, so müssen wir, theils um uns von der Richtigkeit der Annahme zu überzeugen, theils um den wirklich bestehenden Krampf zu beheben und seine Wiederkehr bei jedem Sehversuche zu verhindern, Einträufluugen von Atropinlösung anwenden. — Wir können diese Einträufluugen selbst durch einige Tage fortsetzen, wodurch der Myope gezwungen wird, auf die grösste Distanz des deutlichen Sehens zu sehen; es wird hiedurch unnöthige Convergenz vermieden, und es ist von dieser Behandlungsweise kein Nachtheil zu befürchten, vorausgesetzt, dass wir den Kranken starkes Licht vermeiden oder durch graue Gläser abschwächen lassen. Im Falle einer Wiederholung der Reizungssymptome zeigten sich die Anwendung des Heurteloup'schen Blutegels an der Stirne und darauffolgender vierundzwanzigstündiger Aufenthalt im Dunkeln und gradweise Rückkehr zum Lichte sehr nützlich. — In manchen Fällen aber kehren diese Reizerscheinungen trotz aller Gegenanstrengungen immer wieder zurück. Dann ist, besonders wenn die Myopie rasch fortschreitet, der Zustand des Kranken so ernst, dass die Nothwendigkeit eintritt, vor der Wahl eines Berufes zu warnen, bei welchem andauerndes Arbeiten in der Nähe erfordert wird; vor Allem sollen solche Myopen nicht Beamte werden. Solche Fälle sind jedoch selten; mit wenigen Ausnahmen verschwinden die Beschwerden vor dem 20. Jahre.

In einer spätern Lebenszeit nimmt bei hohen Graden von Myopie die Sehschärfe im Laufe von wenigen Monaten manchmal in beunruhigender Weise ab. In solchen Fällen erregen das Auftreten von Hyperaemie an den Grenzen der atrophischen Stelle, sowie die gewöhnlich hinzutretenden Zeichen der Reizung, den Verdacht, dass progressive Myopie bestehe. Werden in solchen Fällen keine organischen Veränderungen an der Macula lutea mit dem Augenspiegel gefunden, so können wir jedesmal innerhalb weniger Wochen eine beträchtliche Verbesserung der Sehschärfe durch wöchentliche Blutentziehung (Heurteloup), durch Temperiren des Lichtes und durch Verhindern jeder Anstrengung der Augen erreichen; diese Behandlung kann nach Umständen auch mit dem Gebrauche der Douche und der stimulirenden Einreibungen, mit Ableitung auf den Darmkanal und reizenden Fussbädern combinirt werden. Wir dürfen auch dann noch nicht verzweifeln, wenn schon wahrnehmbare krankhafte Veränderungen

in der Macula lutea vorhanden sind, es sei denn dass (subjectiv) ein umschriebenes Scotom das directe Sehen aufhebt. Ich habe bei Personen von 60 Jahren und mehr, mit Myopie von $^1/_5$ und selbst $^1/_4$, indem ich obige Verhaltungsmaassregeln befolgen liess, die Sehschärfe von $^1/_{30}$ oder $^1/_{20}$ bis zu $^1/_4$ oder $^1/_3$ zunehmen gesehen, wodurch dieselbe zum Schreiben und Lesen vollkommen genügend wurde. Ganz anders verhält es sich, wenn ein umschriebenes ophthalmoskopisch wahrnehmbares Scotom in der Macula lutea auch vom Kranken wahrgenommen wird. Ein solches Scotom deutet auf tiefe Störungen im Sitze des directen Sehens. Vollkommene Erblindung droht wohl im Allgemeinen nicht, aber es ist keine Besserung des directen Sehens zu erwarten, und falls beide Augen gleich ergriffen sind, muss sich der Kranke gefasst machen, nie wieder lesen, schreiben oder feinere Arbeiten ausführen zu können. — In Fällen mit begleitender Chorioiditis disseminata ist dasselbe Verhalten zu beobachten. Wir müssen bei dieser Krankheit auf wiederholte Besserungen und abermalige Verschlimmerungen gefasst sein. Nach Ablauf einiger Jahre wird aber das Resultat in der Regel insofern ungünstig, als gewöhnliche Arbeiten nicht länger ausgeführt werden können. Gleichzeitig sind im Glaskörper oft Flocken vorhanden, von deren Ursache ich schon früher gesprochen habe. Es ist gebräuchlich, insbesondere unter solchen Umständen, kleine Dosen von Jod- oder Quecksilberpraeparaten zu verschreiben. Ich habe diess auch wiederholt gethan, wage jedoch nicht entschieden zu behaupten, dass ich davon günstige Resultate gesehen habe. Manchen Kranken machen diese Mücken mehr Besorgniss und Kummer, als sie wirklich verdienen. Eine verhältnissmässig günstige Prognose lässt sich stellen, wenn keine bestimmten krankhaften Veränderungen die Macula lutea bedrohen; wir rathen den Kranken ihre Aufmerksamkeit so viel als möglich von den Mouches abzulenken und unterstützen diess Bestreben durch nahezu neutralisirende Gläser, welche so angefertigt sind, dass sie gleichzeitig das Licht dämpfen und derart die Schatten der Glaskörperflocken weniger deutlich erscheinen lassen*). — Die Klagen bei persistenter Photopsie sind noch lauter, glücklicherweise aber seltener. Eine solche Photopsie tritt hauptsächlich bei diffuser Atrophie auf und deutet auf einen Zustand der Reizung im Sehnerven. Ich habe nebst der oben beschriebenen Behandlung noch zahlreiche Heilmittel, unter anderen Narcotica, gegen diese Photopsie versucht, aber, so weit ich mich erinnere, alles vergebens. Die Klagen waren in manchen Fällen, insbesondere bei nervösen Frauen, jammererregend, aber es überraschte mich oft, dass die Sehschärfe bei solchen Zeichen einer andauernden Reizung, selbst im Verlaufe von Jahren, nur wenig abnahm. — Gegenüber den traurigsten Complicationen der Myopie, dem Blutergusse und der Netzhautablösung ist die Therapie fast machtlos. In Fällen von Bluterguss in den Glaskörper können wir Resorption mit Zurückbleiben einiger opaker Glaskörperflocken und Membranen erwarten. Die Metamorphose, unter welcher diese Resorption stattfindet, ist aber ein spontaner Process, den die Therapie nicht fördern kann, und der Arzt muss sich daher auf blosse hygienische Regeln und auf eine solche ableitende oder

*) Opake Membranen des Glaskörpers verursachen mehr Störung. Die neuesten Erfahrungen von v. Graefe regen die Frage an, ob in solchen Fällen nicht durch eine Operation Resultate erzielt werden könnten.

allgemeine Behandlung beschränken, welche für den einzelnen Fall angezeigt scheint. Druck, mittelst einer Binde in Zwischenräumen ausgeübt, begünstigt wahrscheinlich die Resorption, aber es ist dann nach Abnahme der Binde der intraoculäre Druck vermindert, und die Gefässe zeigen sich, wie aus der Augenspiegeluntersuchung ersichtlich ist, ausgedehnt, und dadurch steigert sich nothwendigerweise die Gefahr eines erneuerten Blutergusses. Nach wiederholten Recidiven bleibt der Glaskörper opak, und der Augengrund ist manchmal ganz unsichtbar. — Gelegentlich tritt nach wiederholten Blutergüssen in den Glaskörper, und zwar in manchen Fällen sicher in Folge einer Blutansammlung zwischen Netzhaut und Chorioidea, locale Netzhautablösung auf. Es steht wohl auch dann theilweise Resorption zu erwarten, aber die abgelöste Partie der Netzhaut erlangt ihre Leitungsfähigkeit nie wieder. Die Prognose bei Netzhautablösung durch seröse Flüssigkeit, wie solche bei hohen Graden von Myopie oft vorkommt, ist noch weniger günstig. Reizung der Chorioidea und gelockerter Zusammenhang mit der Netzhaut, wie er durch Verschiebung der letztern über der unverhältnissmässig ausgedehnten atrophischen Stelle der Chorioidea bedingt ist, befördern entschieden den serösen Erguss. In sehr seltenen Fällen mag Resorption erfolgen, und manche Aerzte versuchen, sie durch verschiedene, in ihrer Wirkung sehr problematische Mittel (Mercurialien, Jodpraeparate, Derivantien, schweisstreibende Mittel) zu befördern; im Allgemeinen aber hängt die Besserung des Sehvermögens vom Sinken der Flüssigkeit unterhalb des Sitzes des deutlichen Sehens oder von einem verminderten krankhaften Zustande der die abgelöste Stelle der Netzhaut begrenzenden Theile ab. Ein Riss in der Netzhaut [1]) ist insofern günstiger, als durch denselben die Gefahr einer weitern Ablösung vermindert erscheint. Diese Thatsache war es hauptsächlich, welche die Idee anregte, die abgelöste Partie der Netzhaut durch einen Einschnitt zu spalten. Sichel hat schon in einer frühern Zeit die Entleerung der ergossenen Flüssigkeit nach aussen mittelst Punction der Sclerotica in der Gegend der abgelösten Stelle angerathen. Diese Operation bietet keine Schwierigkeiten, aber es hat sich auch nicht ergeben, dass durch dieselbe irgend ein Vortheil erzielt werde. Die Incision der abgelösten Partie wurde hauptsächlich von Adolf Weber und von v. Graefe [2]) mit einer zweischneidigen Nadel, welche von innen her durch den Glaskörper geführt wird, ausgeführt. Auf diese Weise wurde eine Communication zwischen der hinter der Netzhaut angesammelten Flüssigkeit und dem Glaskörper, mit welchem sich dieselbe mischt, hergestellt, und der Druckunterschied, der einen Antheil am Ursprunge und an der fernern Entwicklung des Leidens hat, ausgeglichen. Es entstanden durch die Operation keine nachtheiligen Folgen, es wurde in manchen Fällen, wenigstens im Beginne, einige Besserung bemerkt, aber die Erfahrung hat noch keineswegs festgestellt, ob und in welchen Fällen andauernder Vortheil durch diese Methode zu erreichen ist: sie wurde bis jetzt fast ausschliesslich in veralteten, nahezu hoffnungslosen Fällen geübt. Es hat sich

---

[1]) Liebreich gibt eine gute Abbildung eines Netzhautrisses, Atlas d'Ophthalmolog. Tab. VIII, Fig. 1.

[2]) Vergl. Arch. f. Ophth. B. IX, 2, p. 85.

aber herausgestellt, dass die Gefahr einer weitern Ausdehnung einer beginnenden Netzhautablösung, und folglich auch die einer zunehmenden Zerstörung des Gesichtsvermögens beim Staphyloma posticum sehr gross ist; und diess muss den praktischen Augenarzt rechtfertigen, wenn er solche Fälle gleich im Beginne um so kühner angreift. — Neben der gewöhnlichen Hygiene des Auges ist in Fällen von frischer Netzhautablösung anzuführen, dass jedes Schütteln und Rütteln des Körpers etc. (im Wagen und auf der Eisenbahn), sowie starke Anstrengung durch ermüdende Arbeiten strenge zu untersagen sind.

Zum Schlusse gebe ich auch hier wieder in kurzen Zügen eine die am häufigsten vorkommenden Typen der Myopie erläuternde Casuistik.

Leichte Fälle von Myopie entgehen der Beobachtung des Kranken.

I. Herr S. bringt mir seinen Sohn, einen 15jährigen Knaben, welcher wegen Kurzsichtigkeit von der Aufnahme in die Militär-Akademie zurückgewiesen wurde. „Der Junge ist nicht kurzsichtig, er liest den kleinsten Druck in einer grösseren Entfernung, als er mit der Hand reichen kann.“ Auf zwanzig Fuss erkennt er nur Nr. LX, mit — $^1/_{22}$ Nr. XX, mit — $^1/_{20}$ nicht besser, mit — $^1/_{24}$ und besonders mit — $^1/_{26}$ weniger scharf; er hat daher $M = {}^1/_{22}$, und seine Zurückweisung war eine gerechtfertigte. Mit dem Augenspiegel wurde kaum eine Spur von Atrophie gefunden, jedoch war die Papille roth. Der Knabe hat in der letzten Zeit anstrengend des Abends, und zwar bei mässiger Beleuchtung gearbeitet, um sich für seine Prüfung vorzubereiten. Dabei hat er kein Unbehagen verspürt. Doch hat er in den letzten Jahren bemerkt, dass er die Leute nicht mehr aus so grosser Entfernung erkennen konnte, wie zuvor, hatte diess aber nicht einer Kurzsichtigkeit zugeschrieben, da er die feinsten Gegenstände in einer Entfernung von zwei Schuh scharf sah. — Ich spreche mich dahin aus, dass die Myopie noch etwas zunehmen wird. Um eine stärkere Zunahme hintan zu halten, lasse ich ihn bei guter Beleuchtung (wo möglich bei Tageslicht) mit aufrechtem Kopfe in einer Entfernung von 14″ bis 16″ an einem schrägen Pulte arbeiten und die Arbeit jede halbe Stunde für einige Minuten unterbrechen. Ausserdem sage ich ihm noch: „Seien Sie frohen Muthes, mein junger Freund, Sie können werden, was Sie wollen, nur nicht Officier;*) etwa mit achtzehn Jahren (mit M = ungefähr $^1/_{16}$) werden Sie Brillen tragen und mit ihnen arbeiten, und werden dieselben in einem Alter, wo andere Leute Brillen zu tragen anfangen, wieder ablegen.“

Bei höheren Graden von Myopie müssen sich junge Leute ohne Verzug an den Gebrauch von Brillen gewöhnen.

II. H. kommt in seinem achtzehnten Lebensjahre auf die Universität. Er ist kurzsichtig und würde, falls es ihm gestattet wird, recht gerne Brillen tragen, um in die Ferne besser zu sehen. Bei der Untersuchung finde ich $M = {}^1/_{11}$, $S = {}^{22}/_{20}$, eine schmale Sichel an der Papille, gute Accommodationsbreite und auch sonst gesunde Augen. Mit — $^1/_{11}$ sieht er in 4″ noch scharf und liest unter meinen Augen eine Viertelstunde lang ohne Beschwerden. Um jedoch mit Sicherheit Asthenopie zu vermeiden, wenn er durch längere Zeit lesen müsste, erhält er für jetzt Gläser — $^1/_{16}$, mit welchen er vollkommen zufrieden ist, und ein Jahr später — $^1/_{11}$. Nach drei Jahren glaubte er mit diesen Gläsern nicht mehr so scharf in die Ferne sehen zu können. Ich finde nun $M = {}^1/_{10}$ und zögere nicht, ihm Gläser von $^1/_{10}$ zu geben. Er fühlt beim Gebrauche derselben gar keine Beschwerden an den Augen, und ich wage vorauszusagen, dass seine Myopie nicht mehr viel zunehmen werde.

---

*) In Deutschland und England macht Myopie nicht untauglich zum Militärdienst. In Holland werden Soldaten mit M bis $^1/_{10}$, Cadetten höchstens mit $M = {}^1/_{30}$ angenommen.

Bei verminderter Accommodationsbreite darf die Myopie nicht mehr neutralisirt werden.

III. Dr. L., 37 Jahre alt, mit M = 1/9 und sonst gesunden Augen, hat während der letzten zwölf Jahre zeitweise Brillen getragen, welche seine Myopie zur Hälfte oder zu 2/3 corrigirten, hat aber immer ohne Gläser gelesen und geschrieben. Vor nicht langer Zeit gab ihm ein Optiker, den er zu Rathe zog, — 1/9 zu tragen, wies ihn jedoch an, auch fernerhin ohne Brillen zu arbeiten. Dr. L. fand diese Gläser von Anfang an unangenehm; beim Spazierengehen und beim Sehen in die Ferne ging Alles gut, er konnte jedoch auf zwei Fuss Entfernung nicht ohne Anstrengung scharf sehen, und diess fiel ihm, wenn er bei Tische den Anwesenden in's Gesicht sehen wollte, und bei andern Gelegenheiten, sehr lästig. Er fragte mich, was zu thun sei. Meine Antwort war: Hätten Sie mit Ihrem fünfundzwanzigsten Lebensjahre begonnen, neutralisirende Gläser zu tragen, oder hätten Sie wenigstens Ihre schwächeren Gläser auch beim Arbeiten verwendet, so würden Sie jetzt bei einer Convergenz von zwei und selbst von einem Fuss beim Accommodiren für die Nähe durch die neutralisirenden Brillen nicht belästigt werden. Sie müssen sich jetzt an schwächere Gläser halten, z. B. — 1/12, womit Sie auf drei Fuss noch vollkommen scharf und auf grosse Entfernung noch ziemlich gut sehen. Sie sind schlank und sind folglich geneigt sich vornüber gebeugt zu halten, es ist daher wünschenswerth, dass Sie sich bei der Arbeit an Brillen gewöhnen, welche jedoch jetzt nicht stärker, als — 1/20 sein dürfen; nach und nach kann deren Stärke vermehrt werden, und vielleicht gelingt es Ihnen innerhalb einiger Jahre sich an — 1/12 zu gewöhnen, ohne dass deren Gebrauch von asthenopischen Beschwerden begleitet ist. In diesem günstigen Falle können Sie ohne Schaden dieselben Gläser von — 1/12 unter allen Umständen leicht durch ein Dutzend Jahre tragen.

Wenn Symptome der Reizung auftreten, bedürfen myopische Augen der Ruhe.

IV. Fräulein v. D., 18 Jahre alt, ist dem Lesen und nicht minder der Handarbeit sehr zugethan und hatte in beiden Beziehungen seinen Neigungen in vollem Maasse nachgegeben, trotzdem seine Augen schwach und gegen Licht empfindlich waren. Sie empfindet bei Anstrengung, besonders Abends, bald Schmerzen in den Augen und wandte sich darum an mich um Rath. Ich constatirte $M = 1/7$, $S = 18/20$, capilläre Hyperaemie des Sehnerven, einen schmalen, doppelt-contourirten, halbatrophischen Halbmond mit sehr gerötheten Rändern, und äusserlich etwas Injection der subconjunctivalen Gefässe; die seitlichen Bewegungen der Augen, sowie die Convergenz, sind frei und uneingeschränkt. Ihre Mutter hat $M = 1/4$. Die junge Dame erinnert sich, früher um Vieles besser in die Ferne gesehen zu haben, und gibt an, während der letzten zwei Jahre in dieser Beziehung viel verloren zu haben. — Sie darf gegenwärtig weder lesen, noch arbeiten, muss starkes Licht vermeiden; bekommt Brillen mit runden, blauen Gläsern, und muss dreimal des Tages, jedesmal durch fünf Minuten, die Douche auf die geschlossenen Augenlider anwenden; sie muss aufrecht sitzen, für warme Fussbekleidung Sorge tragen, früh zu Bette gehen und jede Aufregung vermeiden. Nach einem Monate schienen die Symptome der Reizung nachgelassen zu haben. Eigenmächtig legt sie die Brillen bei Seite und beginnt wieder zu arbeiten; die Folge davon ist, dass nach wenigen Tagen die Schmerzen wieder auftreten. Nach einer neuerlichen Ruhe bekommt sie Erlaubniss, zwei Stunden täglich Klavier zu spielen; diese Erlaubniss wird jedoch nur unter den Bedingungen ertheilt, dass die übrigen Verhaltungsmaassregeln genau beobachtet werden, dass sie Gläser von — 1/11, mit welchen sie auf 18″, in welcher Distanz nun auch die Noten liegen müssen, scharf sieht, gebraucht, und dass sie nach jeder Viertelstunde einige Minuten ausruht. Nach Verlauf eines Monates kann sie anfangen wieder ein wenig zu lesen, feine Handarbeiten bleiben aber fortwährend streng untersagt, und das Schreiben insbesondere in enge Grenzen gebannt, da die Kranke dabei keine Brillen tragen will, und daher immer stark convergirt und vornüber gebeugt sitzen

will. Es wurde ihr ferner strenge anempfohlen, jeden Gegenstand in der grössten Entfernung der deutlichen Sehweite zu halten. — Ein Jahr später stellt sie sich abermals vor. Die Myopie war bis auf $^1/_6$ gestiegen; von Zeit zu Zeit auftretende Empfindlichkeit hat die Kranke veranlasst die Verhaltungsmaasregeln genauer zu beobachten, und dadurch wurden ernstere Symptome verhindert. Das Einzige, was ihr nun erlaubt wird, ist Lesen mit dem Buche in der Hand und Klavierspielen mit Brillen; für das Sehen in die Ferne erhält sie Gläser von — $^1/_7$.— Bei grosser Sorgfalt werden sich die Beschwerden wohl nach und nach vermindern; es steht aber zu besorgen, dass die Myopie im fünfzigsten Jahre bis auf $^1/_4$ gestiegen sein, und dass in noch höherem Alter die Sehschärfe ausserordentlich abnehmen wird, und die Augen auch anderen Zufällen ausgesetzt sein werden.

Accommodationskrampf kann zu den Reizerscheinungen hinzutreten.

V. T. W., 17 Jahre alt, war von Kindheit auf kurzsichtig und kann seit einiger Zeit wegen rasch zunehmender Schmerzen der immer sehr empfindlichen Augen seine Arbeit nicht länger mehr fortsetzen. Ich fand im rechten Auge die Myopie $\frac{1}{2{\cdot}7}$, im linken noch etwas stärker, überdiess capilläre Hyperaemie der Sehnervenscheibe, an der Aussenseite derselben einen vollständig atrophischen, weissen, scharfumschriebenen Halbmond von 0·8^{mm} Achsenlänge, gestreckte Netzhautgefässe, keine Spur von Chorioiditis, eine etwas enge Pupille, leichtes Convergiren der Sehlinien auf $2^1/_2$″ (er las daher auch binocülär), unbedeutende subconjunctivale Injection, kein Glotzen der Augen, gesunde Augenlider, jedoch Neigung die Lidspalte zu verengern, nicht nur um besser zu sehen, sondern auch der bestehenden geringen Lichtscheu wegen. Er zeigte mir Brillen von — $^1/_9$, welche er früher getragen und auch bei der Arbeit benützt hatte, welche er jedoch auf Anrathen Anderer später bei Seite legte, ohne dass es ihm dadurch besser gegangen wäre. Die Sehschärfe betrug blos $^{13}/_{20}$. Hauptsächlich dieser letzte Umstand bewog mich, eine Heurteloup'sche Blutentziehung an beiden Schläfen zu verordnen und den Kranken darauf durch vierundzwanzig Stunden im Dunkeln zu lassen. Nach allmäligem Uebergang zum Lichte wurde der Grad der Myopie abermals durch Gläser auf das Genaueste bestimmt und $= \frac{1}{3{\cdot}4}$ gefunden; die Sehschärfe war gleichzeitig auf $^{17}/_{20}$ gestiegen. Einträuflung von Atropinlösung brachte darauf die Myopie auf $\frac{1}{3{\cdot}7}$. Der Kranke wurde noch durch einige Zeit im Halbdunkel gehalten, dann eine abermalige doppelte Blutentziehung vorgenommen, und die Einhaltung der schon wiederholt erwähnten hygienischen Maassregeln strenge angerathen. Unter dieser Behandlung stieg die Sehschärfe nach Verlauf eines Monates auf $^{18}/_{20}$, und die Myopie blieb constant $\frac{1}{3{\cdot}6}$. Der Kranke erhielt nun Brillen von — $^1/_5$, sowohl zum Sehen in die Ferne, als auch um sie gelegentlich durch eine Viertelstunde beim Lesen und Schreiben zu gebrauchen, was in einer Entfernung von 10″ geschehen konnte und folglich auch geschehen musste. Von Zeit zu Zeit traten noch leichte Anfälle von Schmerz auf, welche jedoch bei strenger Ruhe bald wieder schwanden. Die Brillen wurden später auf $-\frac{1}{4{\cdot}5}$ verstärkt. Diese Gläser, knapp vor's Auge gehalten, brachten den Fernpunkt auf 14″, was vollkommen genügte. — Es hatten in diesem Falle die starke Convergenz und die schlechte Körperhaltung, welche durch die Gläser von — $^1/_9$ bisher nicht hinreichend gebessert waren, sowie der hochgradig myopische Bau Congestion des Sehnerven mit Abnahme der Sehschärfe, Accommodationskrampf und andere Symptome zur Folge. Diese Erscheinungen wichen der etwas energischen Behandlung und kehrten bei Vermeidung starker Convergenz u. s. w., beim Gebrauche passender Brillen nicht wieder mit gleicher Heftigkeit zurück. Wir müssen jedoch erwarten, dass die Myopie andauernd progressiv bleiben, und die Sehschärfe im vorgerückteren Alter dabei

abnehmen wird. Es müssen daher die Augen fortwährend überwacht, und es muss ein Lebensberuf ergriffen werden, welcher nicht viele feinere Arbeiten erfordert.

Ein hoher Grad von Myopie kann schon in der Jugend arge Beschwerden hervorrufen.

VI. Fräulein S., eine kleine, verwachsene Person, 27 Jahre alt, hat glotzende Augen mit beträchtlicher Verlängerung sämmtlicher Durchmesser (buphthalmische Form), augenscheinlich kleine Cornea, eine etwas bläuliche Sclerotica, weit geöffnete Augenlider, Myopie $= \frac{1}{1 \cdot 8}$, und nach Neutralisirung der Myopie für die Ferne eine Sehschärfe von blos $^9/_{100}$. Schon im 12. Lebensjahre machte die Kurzsichtigkeit Beschwerden, und nahm fortwährend zu, bis die Kranke nicht mehr schreiben und nur mehr verhältnissmässig grossen Druck, ganz nahe ans Auge gehalten, und zwar offenbar nur mit einem Auge ohne Convergenz lesen konnte; sie klagt auch über fliegende Mücken, welche vor den Augen schweben, und, besonders im Dunkeln, über blitzartige Lichterscheinungen. Bei der Augenspiegeluntersuchung finden wir eine augenscheinlich kleine Sehnervenscheibe von weisser Farbe mit unregelmässig begrenzter, halb-elliptischer Atrophie, gestreckte Netzhautgefässe, einen lichtrothen hie und da mit gelben und grauen Flecken besetzten Augengrund und auseinandergewichene Chorioidealgefässe. Die Anwendung Heurteloup'sche Blutentziehungen und strenge Augendiät brachten kaum irgend eine Besserung mit sich. Die Kranke will keine Brillen tragen, welche auch in Rücksicht auf die Verkleinerung der zu sehenden Objecte nur wenig zu grösserer Deutlichkeit derselben beitragen würden; sie ermüdet auch gleich, wenn sie grossen Druck mit Brillen zu lesen versucht, und verzichtet endlich darauf etwas anderes, als gröbere Handarbeit zu verrichten, zu welcher das blosse Gefühl ausreicht. Einige Worte kann sie ohne Brillen mit einem Auge lesen. Für die Ferne stellt ein stenopäisches Glas von — $^1/_{2 \cdot 5}$ sie am meisten zufrieden. Ich würde jetzt einen Steinheil'schen Conus versuchen, den ich damals noch nicht hatte. In diesem traurigen Falle ist nur Verschlimmerung zu erwarten; das Fortschreiten des Uebels kann wohl durch die bekannten Regeln der Augendiätetik verzögert, aber nicht verhindert werden. Sollten die Symptome der Reizung zunehmen, so mag die Methode der Heurteloup'schen Blutentziehungen gelegentlich noch von Nutzen sein.

Das Auftreten von Ermüdung während der Arbeit deutet auf Insufficienz der Musculi recti interni.

VII. Fräulein v. R., 18 Jahre alt, ist seit mehreren Jahren genöthigt, in Folge auftretender Ermüdung und Spannung in den Augen, mit der Arbeit auszusetzen. Sie hat vergebens verschiedene Augengläser versucht. Ich fand $M = ^1/_7$, $S = 1$, und die gewöhnliche halbmondförmige Atrophie; die Augen, sowie die Augenlider sind übrigens gesund. Ich vermuthe Insufficienz der Recti interni. Während die Kranke auf 6″ mit beiden Augen liest, bringe ich einen kleinen Schirm vor das linke Auge und bemerke, wie dasselbe hinter dem Schirme nach aussen abweicht. Nach Entfernung des Schirmes convergirt das Auge wieder genügend. Nach einigen Fragen finde ich, dass das linke Auge wenn eine halbe Stunde lang gelesen wird, jedesmal wie nach aussen gezogen wird, dass diess eine unangenehme Empfindung verursacht, und dass das Bestreben die Ablenkung zu überwinden, nur noch mehr ermüdet So hatte die Kranke selbst bereits die Insufficienz bemerkt, ohne sich jedoch darüber klar geworden zu sein, und ohne sie erwähnt zu haben. Sie convergirt bei Annäherung von Objecten bis auf 4″, worauf dann das linke Auge rasch und stark nach aussen abweicht. Bei seitlichen Bewegungen erscheinen die Excursionen normal; beim Sehen in die Ferne sind die Augen ebenfalls richtig gestellt, und behalten die richtige Stellung auch beim Bedecken des einen Auges; ein Prisma, mit dem brechenden Winkel nach oben vor ein Auge gehalten, gibt ebenfalls von einer entfernten Flamme Doppelbilder ohne seitliche Ablenkung, indem eines der Bilder fast genau über dem andern steht; ein Prisma von 6°, mit dem brechenden Winkel nach aussen, gibt jedoch gekreuzte Doppelbilder, welche nicht

verschwinden. Es folgt daraus, dass unsere Kranke nur um ein Geringes mehr divergiren kann, als normal ist, dass ihr aber das Convergiren verhältnissmässig viel zu grosse Schwierigkeit macht. Mit Gläsern von — $^1/_{12}$ bis — $^1/_8$ kann sie, auf die Entfernung von 13″ bis 16″, die Convergenz wohl viel länger, aber noch nicht genügend festhalten; das bedeckte Auge weicht immer noch gerade nach aussen ab. Durch eine Combination von — $^1/_{12}$ mit einem Prisma von 8^0 scheinen die Schwierigkeiten gehoben zu sein, und das bedeckte Auge ändert nun wirklich kaum mehr seine Richtung. Ich gebe der Kranken nebst diesen Brillen noch einfache Augengläser von — $^1/_7$. Mit diesen ist sie sehr zufrieden; die prismatische Combination jedoch ermüdet sie. Sie will sich gerne der Tenotomie, von welcher die Rede war, unterziehen; da jedoch ohne Zweifel selbst beim Gradaussehen, insbesondere aber beim Sehen nach links, Doppelbilder in der Ferne zurückbleiben würden, so glaube ich nicht, dass die Operation angezeigt wäre. Schliesslich verordnete ich Gläser von — $^1/_7$, mit den Achsen näher an einander, als die Achsen der beiden Augen, und wenn sie jetzt nur eine Stunde zu arbeiten hat, so gibt sie diesen Gläsern vor der prismatischen Combination den Vorzug. Sie muss sich besonders sorgfältig davor hüten, diese Brillen nicht für die Ferne zu gebrauchen; wegen der Stellung der Gläser wäre sie dabei genöthigt etwas zu divergiren, was auf die Kraft ihrer Recti interni nur von schädlichem Einflusse sein könnte.

Die Insufficienz kann manchmal durch Tenotomie vollständig gehoben werden.

VIII. Herr C., Mechaniker, mit $M = {}^1/_8$, hat mit Ausnahme der gewöhnlichen halbmondförmigen Atrophie, gesunde, scharfsichtige Augen. Die Arbeit ermüdet ihn jedoch in kurzer Zeit, und er hält es für schlecht, seine Augen längere Zeit hindurch anzustrengen. Beim Sehen in die Ferne bemerkt man die gewöhnlich sichtbare Convergenz nicht, sondern bekommt eher den Eindruck von Divergenz. Diess veranlasste mich sogleich, an Insufficienz der Recti interni zu denken. Bei näherer Untersuchung zeigte es sich, dass er beim unbewussten Fernsehen eine Neigung zur Divergenz habe, welche fehlte, sowie er durch Gläser von — $^1/_8$ scharf sah; ferner, dass er, mit — $^1/_8$ bewaffnet, ein Prisma von 12^0 mit dem brechenden Winkel nach aussen, um einfach zu sehen, überwinden, und dass er folglich beträchtlich divergiren könne. Wird ihm beim Lesen auf 8″ Distanz ein Schirm vor das eine Auge gebracht, so weicht dieses augenscheinlich nach aussen ab und kehrt beim Entfernen des Schirmes wieder nach innen zurück. Es zeigte sich ausserdem, dass diese Bewegung kaum grösser war, als jene, welche nach Entfernung des Prisma's von 12^0 beim Sehen in die Ferne eintrat. Es machte sich folglich die Insufficienz bei einer bestimmten Convergenz nicht viel stärker fühlbar, als beim Fernsehen. Es war daher Tenotomie angezeigt. Sie wurde allsogleich ausgeführt, zuerst auf dem linken Auge, wo der Erfolg einstweilen unbefriedigend war, dann auch auf dem rechten, wo er anfangs zu gross ausfiel, so dass entfernte Gegenstände nur in der Richtung rechts von der Mittellinie einfach erschienen; es trat aber sogleich Convergenz auf 8″ mit grosser Leichtigkeit auf, und nach einigen Wochen hörte auch das Doppeltsehen in der Ferne auf. Der Erfolg war ein vollständiger. Es war von Ermüdung weiter keine Rede, besonders nachdem unser Kranker, auf meinen Rath, Gläser von — $^1/_{16}$ zu tragen und auch bei der Arbeit zu gebrauchen begann.

Myopische Amblyopie kann selbst bei ältern Individuen zum grossen Theile einer passenden Behandlung weichen.

IX. Herr M., ein 63-jähriger Banquier, hat sein Leben mit Schreiben zugebracht, „hat“, wie er sagt, „sorgfältig den Gebrauch von Brillen vermieden und hat trotzdem nach und nach sein Augenlicht fast vollständig verloren.“ Durch lange Zeit war er noch fähig, mit dem linken Auge zu lesen, seit einiger Zeit jedoch ist dieses schlechter geworden, als das rechte. Ich finde im linken Auge $M = {}^1/_5$ mit $S = {}^1/_{14}$, im rechten $M = \frac{1}{5{\cdot}5}$ mit $S = {}^1/_8$. Das letztere zeigte

auch eine so bedeutende Linsentrübung, dass ohne dieselbe die Sehschärfe noch ziemlich gut gewesen wäre; im linken Auge war jedoch ausgesprochene diffuse Atrophie und ein atrophischer Gürtel durch die Gegend des gelben Fleckes zu sehen. Ich sprach mein Bedauern aus, dass nicht beide Fehler in einem und demselben Auge bestünden, äusserte jedoch zu gleicher Zeit die Hoffnung, dass im linken Auge, wo das Sehvermögen in den letzten Wochen so sehr abgenommen (ohne Blutergüsse, ohne Netzhautablösung, ohne locale Scotome der Macula lutea), noch Besserung zu erzielen sein werde. Ich gab ein reizendes Liniment, oberhalb der Augen anzuwenden, Fussbäder mit Mineralsäuren, innerlich Rhamnus zum Offenhalten des Unterleibes, ordnete Ruhe der Augen und Vermeidung starken Lichtes an, schrieb graue Gläser vor und liess jede Woche eine Heurteloup'sche Blutentziehung an der linken Schläfe machen. Nach Ablauf von drei Wochen war die Sehschärfe wieder auf $^1/_4$ gestiegen und erreichte später, unter Fortsetzung der Behandlung und einer Blutentziehung alle vierzehn Tage, nahezu $^1/_3$, so dass der Kranke gewöhnlichen Druck ganz gut wieder lesen konnte. Das Schreiben wurde ihm untersagt. Er las ohne Brillen, das Buch in der Hand, auf 5″ Entfernung, während das rechte Auge nach aussen abwich. Für die Ferne bekam er ein Doppelglas von — $^1/_5$, mit Maass zu gebrauchen. Er lebte bis dahin ohne Brillen, und ich fand mich nicht bewogen, ihm solche in seinem dreiundsechzigsten Jahre zu geben; übrigens würde er Gläser von — $^1/_7$ ohne Beschwerde haben tragen können, aber wegen der herabgesetzten Sehschärfe sollte er nur ohne Brillen lesen, wobei glücklicherweise keine Convergenz eintrat.

Scotome in der Gegend des gelben Fleckes machen wohl das Lesen und Schreiben unmöglich, drohen jedoch nicht mit Erblindung.

X. Der Consul M., 47 Jahre alt, zeigt in seiner ganzen Haltung das Wesen eines in hohem Grade myopischen Individuums: nach vorn gebeugten Nacken, zusammengekniffene Augenlider, grosse Augen, von deren verlängerten Durchmessern wir uns leicht überzeugen können. Seine Myopie besteht von Jugend auf und ist hereditären Ursprungs. Er hat immer viel gelesen und geschrieben, und zwar gewöhnlich mit verhältnissmässig schwachen Brillen. Im rechten Auge beträgt die Myopie jetzt $\frac{1}{3{\cdot}3}$, mit $S = {}^3/_8$; im linken Auge ist die Myopie nicht geringer, kann jedoch wegen eines Scotomes im gelben Flecke nicht genau bestimmt werden. Dieses Scotom hat sich im Verlauf von zwei Monaten so entwickelt, dass er gegenwärtig das, was er fixirt, nicht sehen kann. Er war in einer verzweifelten Gemüthsstimmung und fragte mich: „Muss ich denn blind werden?“ Mit dem Augenspiegel fand ich im linken Auge einen ziemlich umschriebenen Halbmond, hie und da Spuren von diffuser Atrophie, und in der Macula lutea eine graue, granulirte Plaque, mit grössern, unregelmässigen, scharf umschriebenen, dunklen Pigmentflecken zum Theil besetzt, zum Theil begrenzt. Im rechten Auge war der Halbmond ungefähr so gross, wie im linken, und in der Macula lutea war das Pigment leicht gekörnt und unregelmässig auf dem blässern Grund vertheilt. Ich konnte dem Kranken nun antworten: „Befürchten Sie keine Erblindung, aber enthalten Sie sich jeder Anstrengung der Augen. Beschränken Sie sich im Schreiben und Lesen auf das Allernothwendigste, und thun Sie es immer nur einige Minuten hintereinander. Ich kann Ihnen nicht verhehlen, dass Ihr linkes Auge für immer zu feineren Arbeiten untauglich ist, und dass das rechte Auge, wenn Sie es anstrengten, ebenso werden würde.“ Ich bin gewohnt dem Kranken die Grösse etwaiger Gefahr nur dann ohne Rückhalt zu enthüllen, wenn er ihr entsprechend handeln muss. Diess war auch hier der Fall. Aber trotzdem konnte ich mein Ziel nicht erreichen, „seine Verhältnisse erlaubten es ihm nicht“. Ich hatte keinen Grund noch hinzuzufügen, dass die Weiterentwicklung des Scotomes im rechten Auge, selbst wenn jede Arbeit aufgegeben würde, nicht auf die Dauer hintangehalten werden könne. Von meiner Ansicht unbefriedigt, consultirte der Kranke einen fremden Augenarzt, der ihm versprach, und ihn daran glauben machte, dass er selbst das linke Auge heilen würde. Ein ganzes Jahr brachte der Kranke bei ihm zu, immer in Hoffnung und Vertrauen eingewiegt. Als jedoch auch das zweite

Auge den Dienst beim Lesen zu versagen begann, schwankte sein Vertrauen. Zwei Jahre später suchte er mich abermals auf. Es hatte sich nun auch auf dem rechten Auge ein Scotom so weit entwickelt, dass er kaum ein einziges Wort entziffern konnte. Er schien mit sich selbst sehr unzufrieden, weil er meine Rathschläge nicht befolgt hatte. Ich gab ihm nun die gewöhnlichen diätetischen Verhaltungsmaassregeln und konnte ihn auch mit der Hoffnung trösten, dass sein Zustand sich nicht viel mehr verschlechtern würde. Es ist auch in der That meine Ansicht, dass er beständig in einem solchen Zustande bleiben werde, dass er sich frei bewegen und grosse Objecte erkennen wird. Er erhält Brillen mit $-\frac{1}{3\cdot5}$.

Bei Netzhautablösung ist die Aussicht im Allgemeinen trostlos.

XI. Herr S., 43 Jahre alt, war, wie sein Vater, von Jugend auf ausserordentlich kurzsichtig. In seinem 32. Jahre verlor er das Sehvermögen auf dem rechten Auge, woselbst sich Katarakt entwickelte, beinahe ganz. Die ausgeführte Staarextraction hatte Atrophie zu Folge. Das Sehen wurde nun auf dem linken Auge auch plötzlich dunkel. Am folgenden Tage besuchte er mich. Ich constatirte eine Ablösung der innern Netzhauthälfte, welche sich bis in die Gegend des gelben Fleckes erstreckte. Grosse Buchstaben konnte er noch lesen, aber in einem Augenblicke besser, im andern schlechter. Ich erkannte, dass auch im rechten Auge in einer frühern Zeit Netzhautablösung mit secundärer Katarakt vorhanden gewesen sein musste, welche letztere seine Aerzte, irregeführt durch die noch vorhandene Lichtempfänglichkeit, operirten; mit welchem Erfolge, wurde schon erwähnt. Es wurde sogleich eine Heurteloup'sche Blutentziehung gemacht, Ruhe und horizontale Lage angeordnet und Ableitungen auf den Darmkanal und die untern Extremitäten verschrieben. Die Blutentziehung wurde noch zweimal wiederholt, und bei dieser Behandlung war der Kranke im Stande, nach Ablauf einer Woche befriedigend zu lesen; die Gesichtsfeldbeschränkung blieb jedoch, wie zuvor. Allmälig nahm er wieder seine Stellung in der Gesellschaft ein; Blut wird noch immer von Zeit zu Zeit entzogen; er führt ein sehr regelmässiges Leben, meidet jede Ermüdung, Ueberanstrengung, Fahren in rüttelnden Wagen, und macht seine Reisen womöglich zu Schiffe (trekschuit); er fährt jedoch fort, seine Zeitung und andere nöthige Schriften zu lesen und zieht es vor, nicht mit grauen Gläsern auszugehen, „da er mit denselben auf der Strasse nicht sehen kann." In der That ist bei schwacher Beleuchtung einige Unempfindlichkeit und grössere Gesichtsfeldbeschränkung vorhanden. Nach Ablauf von sechs Monaten hatte sich die Netzhautablösung nach dem Gesetz der Schwere weiter nach abwärts gesenkt, und die Gesichtsfeldbeschränkung hat gleichzeitig ihre Stelle geändert, grenzt jedoch noch immer nach innen unmittelbar an die Fovea centralis. — Nach Verlauf eines Jahres wird das Lesen viel schwerer, und künstliche Blutentziehungen bessern den Zustand nur wenig. Jetzt, beinahe zwei Jahre nach Eintritt der Netzhautablösung, beginnen deutlich Spuren von Katarakt sich zu zeigen; fliegende Mücken im Glaskörper waren schon früher sichtbar, ohne dass eine Zerreissung der Netzhaut nachweisbar gewesen wäre. Das Fortschreiten des Staares ist sicherlich nicht aufzuhalten. Wenn derselbe vollständig entwickelt sein wird, so ist es unsere Pflicht, die Extraction (mit dem Waldau'schen Löffel) zu versuchen, wenigstens dann, wenn sich keine bedeutende Zunahme der Ablösung zeigt. Wir müssen jedoch gleichzeitig eine ungünstige Prognose stellen, da wir kaum hoffen können, vollständige Erblindung für immer hintanzuhalten.

Eine umschriebene Netzhautablösung kann lange Zeit stationär bleiben.

XII. Herr v. d. W., 23 Jahre alt, hat $M = 1/5$ an beiden Augen mit scharf umschriebenem, schmalem, vollständig atrophischem Halbmond. Seit Jahren fällt ihm die Arbeit beschwerlich, und ist er mit seinen Brillen nicht zufrieden. Vor einigen Monaten wurde sein rechtes Auge bedeutend schlechter, und kann er mit demselben kaum lesen. Ich finde daselbst eine geröthete Sehnervenscheibe und eine kleine, rundliche, umschriebene, gefaltete und bewegliche Hervorragung der

Netzhaut von bläulicher Farbe, mit einer entsprechenden Gesichtsfeldbeschränkung. Durch Ansetzen eines künstlichen Blutegels an die Stirne und durch strenge Augendiät steigt die Sehschärfe innerhalb eines Monates von $^1/_7$ auf $^1/_2$. Im andern Auge beträgt sie etwas mehr als $^2/_3$. Ich stellte dem Kranken ernstlich vor, dass er nur durch ein regelmässiges Leben und durch schonenden Gebrauch seiner Augen sein Gesicht behalten könne. Ich erlaube ihm höchstens viermal des Tages, jedesmal eine halbe Stunde lang, zu lesen, was er auch mit Gläsern von — $^1/_{10}$ binoculär thut. Dieselben Gläser kann er auch für gewöhnlich tragen, und kann denselben für einen Augenblick zum in die Ferne sehen eine Doppellorgnette mit Gläsern von — $^1/_{10}$ vorsetzen. Nach Ablauf von zwei Jahren kommt der Kranke wieder; sein Zustand hat sich nicht geändert. — Kurze Zeit nachher wurde von Seite der Eltern eines Mädchens, um welches der Kranke sich beworben, an mich die Frage gerichtet, ob Gefahr zu erblinden vorhanden wäre. Meine Antwort, welche ich nur mit Bewilligung des Kranken zu geben erklärte, bestand in Folgendem: „Herr v. d. W. ist hochgradig myopisch. In Verbindung mit seiner Kurzsichtigkeit hat sich im rechten Auge ein Fehler entwickelt, welcher bei etwaiger, weiterer Entwicklung das Sehvermögen zerstören kann. Dieser Fehler ist jedoch seit zwei Jahren stationär geblieben, und wir können hoffen, dass derselbe sehr lange, vielleicht bis ins hohe Alter, stationär bleiben werde. Das linke Auge bietet keinen andern Fehler, als Kurzsichtigkeit dar, die Erfahrung aber zeigt, dass bei Netzhautablösung des einen Auges das andere, falls es im gleichen Grade kurzsichtig ist, nicht selten von demselben Uebel befallen wird. Es ist jedoch, bei Berücksichtigung des bestehenden Grades der Kurzsichtigkeit, und ihres stationären Charakters, nicht wahrscheinlich, dass in diesem Falle bei getreuer Beobachtung der gegebenen Verhaltungsmaassregeln, das linke Auge ergriffen wird". — Sechs Monate später stellte Herr v. d. W. mir seine junge Frau vor. Ich machte ihn nochmals darauf aufmerksam, wie nothwendig es für ihn sei, in jeder Beziehung auf sich Acht zu geben. Seither sind mehr als sieben Jahre verflossen, und sein Zustand ist im Allgemeinen stationär; auch die Myopie hat nur sehr wenig zugenommen.

In seltenen Fällen lässt sich selbst bei hochgradiger Myopie eine Netzhautablösung auf operativem Wege dauernd beseitigen.*)

XIII. Ludwig P., 26 J. alt, Schlossergesell, von Kindheit auf hochgradig kurzsichtig, erhielt anfangs April 1864 mehrere Faustschläge auf das rechte Auge. Die Folge davon war eine Ecchymosirung der Lider, welche nach 14 Tagen spurlos verschwand; das Sehvermögen blieb unverändert. Erst 3 Wochen nach der Verletzung, am 27. April, fiel es dem Kranken Morgens beim Aufstehen auf, dass er mit diesem Auge Alles trübe, wie durch einen Schleier, sehe. Ob das Sehen in den verschiedenen Richtungen des Gesichtsfeldes verschieden war, weiss der Kranke nicht anzugeben. Am 29. April wurde er mit Ablösung der untern Hälfte der rechten Netzhaut auf die Klinik des Prof. v. Jaeger aufgenommen. Tags darauf war die Netzhaut wieder angelegt und nur leicht getrübt. Am 6. Juli trat die Ablösung wieder auf und verschwand bis zu seiner Entlassung am 2. August nicht mehr. Am 6. October wurde der Kranke, wegen bedeutender Verschlimmerung des Sehvermögens, mit derselben Diagnose wieder beim Prof. v. Jaeger aufgenommen, und verblieb daselbst bis zum 13. Februar 1865 in Behandlung. Während dieser Zeit wechselte das ophthalmoskopische Bild laut einer mündlichen Mittheilung wiederholt; die abgelöste Partie erschien bald stark bucklig hervorgetrieben, und bald darauf wieder bedeutend zurückgesunken. Am 18. Februar 1865 wurde der Kranke auf die Klinik des Prof. Arlt aufgenommen. Die Untersuchung ergab hochgradig myopischen Bau beider Augen; das R. A. etwas weniger gespannt und mehr als 1‴ nach aussen abgelenkt; an der Cornea desselben einige nadelstichgrosse alte Flecke. Ophthalmoskopisch beiderseits $M = {}^1/_3$, Atrophie der

*) Nachfolgende Krankheitsgeschichte verdanke ich der Mittheilung des Dr. L. Rydel, klinischen Assistenten des Professor Arlt in Wien. B.

Chorioidea um die Sehnervenscheiben herum, überdiess Rareficirung derselben in grosser Ausdehnung und grauschwarze unregelmässige Pigmentanhäufungen in den peripheren Partien; im hintersten Abschnitte des sonst durchsichtigen Glaskörpers einige spinnwebenartige, stark durchscheinende, zum Theil noch fixirte membranöse Opacitäten. Die untere Hälfte der rechten Netzhaut bis nahezu an die Sehnervenscheibe flach abgelöst, leicht graulich getrübt, bildet leichte Falten und zittert bei Bewegungen des Auges. — Sehvermögen: L. A. Nr. 1 J., R. A. Nr. 8 J. mühsam in 3″. Auf 20 Fuss L. Nr. 200 *Sn* nicht, aber mit — 3. R. Finger in 3 Fuss, mit — 3 auf 4 Fuss, kein Gesichtsfelddefect, aber mit dem R. A. werden in der obern Hälfte des Gesichtsfeldes Finger nur in 5 — 6″ unsicher gezählt; also herabgesetzte Empfindlichkeit der untern Netzhauthälfte.

Am 22. Februar. Durchschneidung der abgelösten Netzhaut. Nach vorläufiger Erweiterung der Pupille wurde eine Rosas'sche Sichelnadel c. 2‴ vom untern äussern Cornealrande entfernt durch die Sclerotica eingeführt, einige Linien weit vorgeschoben, hebelartig in 3 verschiedenen Richtungen bewegt und wieder zurückgezogen; durch die Stichöffnung entleerte sich keine Flüssigkeit. Schutzverband. Abends vorübergehendes leichtes Stechen.

23. Februar. Lebhafte Ciliarinjection, vermehrte Thränenabsonderung, gesteigerte Empfindlichkeit gegen das gewöhnliche Tageslicht, Pupille weit. Abends wegen heftiger Schmerzen im Auge und in der Stirne subcutane Morphiuminjection, mit dem besten Erfolge.

24. Februar. Nacht ruhig. Reizung des Auges noch etwas stärker als gestern, nimmt jedoch von heute an rasch ab.

26. Februar. Die ophthalmoskopische Untersuchung ergibt eine bedeutende Abnahme der Ablösung nach Umfang und Höhe und Aufhellung der abgelösten Netzhautpartie, leichte diffuse Glaskörpertrübung. Eine Perforationsöffnung war jedoch weder bei dieser noch bei den später vorgenommenen Untersuchungen nachweisbar. Verband bleibt weg.

1. März. Liest Nr. 4 in 3″ prompt, zählt Finger in 4′, mit — 3 in 8′, nach oben ohne Glas in 2′.

10. März. Ausser einer etwas stärkeren parallaktischen Verschiebung eines einzigen Gefässes, etwa im Bereiche des ganzen untersten Netzhautdrittels, keine Spur von Ablösung zu bemerken.

18. März. Nr. 2 ziemlich geläufig in 3″, von Nr. 1 Worte, mit — 3 Finger in 11′; nach oben wie letzthin.

Bei der Entlassung am 4. April 1865 bot das oben erwähnte Netzhautgefäss nur noch an der äussersten Grenze des ophthalmoskopischen Gesichtsfeldes eine etwas stärkere parallaktische Verschiebung, die Netzhaut durchaus keine Trübung, das centrale und periphere Sehen denselben Zustand wie letzthin dar; die diffuse Glaskörpertrübung war vollständig geschwunden.

Bei einer Vorstellung am 10. April 1866 war der Zustand functionell unverändert; ophthalmoskopisch war keine Spur von Ablösung oder Trübung der Netzhaut nachweisbar. Die Leitungsfähigkeit der Netzhaut war nach keiner Seite hin aufgehoben oder vermindert.

Wer bei mässiger Myopie seine Augen schonend behandelt, hat im höhern Alter nichts zu fürchten.

XIV. Herr M., ein befreundeter Arzt, 52 Jahre alt, liest und schreibt viel und gebraucht dabei Brillen von — $^1/_9$, welche seine Myopie genau neutralisiren. Zugleich ist seine $S = 1$. Bisher hat er auch jeden Gegenstand in der Nähe mit den Brillen angesehen; nur wenn er etwas im Halbdunkel unterscheiden wollte, oder etwas zu sehen bestrebt war, wozu Andere eine Lupe benöthigten, legte er seine Brillen für einige Minuten ab. In letzter Zeit bemerkt er, dass er seine Gläser unwillkührlich abhebt, wenn er kleinere nahe Objecte sehen will. „Arbeiten Sie Abends noch immer ohne Beschwerden mit Ihren Brillen?“ Seine Antwort war, wie ich erwartete: „Nur bei guter Beleuchtung, und wenn der Druck nicht zu klein ist.“ Ich erwiedere ihm: „Dann kommt die Zeit, wo die Stärke der

Concavität Ihrer Gläser in dem Verhältnisse herabgesetzt werden muss, welches dem Grade der Convexgläser entspricht, die Sie, falls Sie nicht myopisch wären, in Ihrem Alter benöthigen würden. Nehmen Sie daher Abends — $^1/_{10}$, und später noch etwas schwächere Gläser, und Sie werden sich vielleicht selbst damit begnügen, dieselben Gläser für gewöhnlich zu tragen, obwohl Sie mit denselben ferne Gegenstände nicht ganz so scharf sehen werden, wie mit — $^1/_9$. Wenn Sie einmal alt werden, werden Sie zwei Brillen, — $^1/_{24}$ zur Arbeit und — $^1/_{12}$ für gewöhnlich benöthigen, und endlich werden Sie ohne Brillen lesen und bei Abnahme der Sehschärfe selbst zu Convexgläsern kommen; Ihre Myopie wird in der That vielleicht bis auf $^1/_{12}$ abnehmen. Dann mögen Sie, als sehr alter, aber starker und gesunder Mann sich noch vollkommen zufrieden fühlen beim Tragen von Brillen mit Gläsern von — $^1/_{16}$ oder — $^1/_{18}$.

Anmerkung zum siebenten Kapitel.

Wir verdanken Kepler die erste Kenntniss von dem Wesen der Myopie. Er hat den Grund zur Dioptrik im Allgemeinen und insbesondere zur physiologischen Dioptrik gelegt. Der Einfluss, welchen die Brillen in dieser Hinsicht geübt haben, ist ungemein bemerkenswerth. Ich habe oben (vergl. p. 144) schon angedeutet, dass diese Gläser zu den unentbehrlichsten Instrumenten für die Menschen gehören. Ihre grosse Wichtigkeit für die Geschichte der Wissenschaft wurde durch die Bemerkung bewiesen, dass sie auf die Erfindung sowohl des Mikroskops, wie des Teleskops geführt haben. Nachdem ich die Werke Keplers durchgesehen habe, gehe ich noch weiter und glaube den Satz aufstellen zu können, dass die Entwicklung der physiologischen Dioptrik von den Brillen ihren Ausgangspunkt genommen habe. Ums Jahr 1100 herum wies Alhazen (Opticae thesaurus. Basileae, 1572) nach, dass das Auge nicht die Quelle des Lichtes sei, sondern dass das Licht von den sichtbaren Gegenständen ausgehe und ins Auge eindringe. Ueber das Zustandekommen der Bilder im Auge hatte er jedoch ganz unrichtige Vorstellungen. Noch befremdender ist es aber, dass wir dasselbe von Johannes Baptista Porta sagen müssen, der, obwohl er das Auge mit der von ihm erfundenen Camera obscura verglich, der Meinung war, dass die Bilder auf der vorderen Oberfläche der Linse zu Stande kämen (vergl. seine Magia Naturalis, 1558 (?), und sein Werk, De Refractione, optices parte, libri novem. Neapolis, 1593). Sein Zeitgenosse Maurolycus (Photismi de lumine et umbra, Ven. 1575) gelangte zu richtigeren Ansichten. Dieser Autor sieht ein, dass die Linse mit einer gewöhnlichen Convexlinse verglichen werden muss, stellt sich vor, dass sie bei Myopen mehr convex, bei Presbyopen flacher ist, und erläutert die Wirkung von Convex- und Concavgläsern; nichtsdestoweniger aber stellt er, um der Umkehrung der Bilder auf der Netzhaut aus dem Wege zu gehen, eine ganz verworrene Theorie von der Wirkung der Linse auf und lässt die Bilder auf die Fläche des Nervus opticus fallen, ohne der Netzhaut Erwähnung zu thun.

Es war im Jahre 1601, wie Kepler selbst berichtet, als D. Ludovicus L. B. v. Dietrichstein ihm die Frage vorlegte, wesshalb weitsichtige Personen nahe Gegenstände besser mit Convexgläsern erkennen, während Kurzsichtige ferne Gegenstände mit Hülfe von Concavgläsern deutlicher sehen. Kepler kannte das Werk von Maurolycus nicht. Die einzige Antwort, welche er anfangs zu geben im Stande war, lautete, dass Convexgläser nahe Gegenstände vergrössern. Aber v. Dietrichstein, damit nicht zufrieden, erwiderte, dass sich die Frage nicht auf die Grösse, sondern auf die Deutlichkeit beziehe, denn Concavgläser, welche die Gegenstände für alle Augen kleiner machen, könnten sonst für kein Auge von Nutzen sein. Als Kepler nach 3-jährigem Studium endlich in der Lage ist, eine Antwort zu geben, — „responsum," sagt er, „si non satis clarum et indubium, satis certe tardum," — so legt sein dankbarer Ton Zeugniss ab von dem Antrieb, welchen er durch die Frage des Mannes erhalten hat, den er „Maecenatum meorum

praecipuus" nennt. Wir finden diese Antwort in seinen Paralipomena ad Vitellionem, quibus Astronomiae pars optica traditur, etc. Francofurti, 1604, pag. 201. Aber wir finden hier noch mehr. Es ist klar, und Kepler selbst gesteht es, dass er anfangs auf die ihm vorgelegte Frage desshalb keine Antwort finden konnte, weil er keine richtige Vorstellung vom Sehen hatte. Hier, und zwar jetzt zum ersten Male, ist von dem umgekehrten Bilde auf der Retina die Rede, das einige Jahre später durch die merkwürdigen Experimente von Scheiner demonstrirt wurde. Für die Existenz desselben wird mit guten Gründen plädirt, und dasselbe dadurch erklärt, dass die Strahlen, welche von jedem Punkte des Gegenstandes ausgehen, wieder in einem Punkte auf der Netzhaut zusammen treffen, in Folge der Brechung, welche sie an der Cornea und insbesondere durch die Linse erleiden. Kepler wusste auch, dass der Gegenstand sich in einer bestimmten Entfernung befinden müsse, damit ein scharfes Bild von ihm auf der Netzhaut entstehe (Propositio XXVIII), und damit hängt die Antwort über die Wirkung der Brillen zusammen; sie heisst: Während bei kurzsichtigen Personen die von jedem einzelnen Punkte eines nahen Gegenstandes ausgehenden Lichtkegel auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen, bei weitsichtigen Personen dagegen die von entfernten Gegenständen ausgehenden, so erhalten die Strahlen eines jeden Kegels, nachdem sie durch Concavgläser gebrochen sind, eine Richtung, als wenn sie von einem näheren Punkte ausgegangen wären, und umgekehrt, nach der Brechung durch Convexgläser, als wenn sie von einem entfernteren Punkte kämen. Die Erklärung lässt, wie wir sehen, nichts zu wünschen übrig. — Montucla nennt die Astronomiae pars optica „un ouvrage plein d'idées neuves et digne d'un homme de génie, mais dans lequel il ne faut pas chercher cette précision qui caractérise ceux de notre siècle." Diess letzte lässt sich von Kepler's Dioptrice seu Demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter Conspicilla non ita pridem inventa accidunt. Augustae Vindelicorum, 1611, — einem, wie es scheint, zu wenig bekannten Werke, nicht sagen; ich fand es weder bei Montucla noch bei Priestley (The History and Present State of Discoveries relating to Vision, Light, and Colours. London, 1772) angeführt, — in dem aber die Dioptrik, und besonders die physiologische Dioptrik, mit Klarheit und Präcision behandelt ist. Zum ersten Mal finden wir hier die Nothwendigkeit einer Formveränderung bei der Accommodation nachgewiesen. „Es ist nicht möglich," lautet Propositio LXIII, „dass, wenn die Netzhaut immer dieselbe Lage im Auge beibehält, dieselbe sowohl von nahen, als von entfernten Gegenständen scharfe Bilder erhalten könne," und nachdem diess festgestellt ist, lesen wir in Propositio LXIV: „die Einen sehen entfernte Gegenstände deutlich, nahe dagegen undeutlich (Presbyopen), andere sehen nahe Gegenstände deutlich, entfernte dagegen undeutlich (Myopen), wieder andere sehen nahe und entfernte Gegenstände undeutlich (krankhafte Zustände), einige endlich sehen beide deutlich." Von diesen letzteren sagt er: „Oculum et sanum habent et figura mobilem," d. i. sie accommodiren für verschiedene Entfernung durch Veränderung der Form des Auges. „Qui vero alterutra," fährt er fort, „solum distincte vident, oculum habent sanum quidem, sed jam indurescentem, adsuefactum et quasi senilem." Diess wendet er sowohl auf Myopen, als auf Presbyopen an, und stellt beide auf eine Linie. So hat er, obgleich selbst myopisch, die Accommodation der Myopen übersehen. Kepler entwickelt seine Idee in Bezug auf den Ursprung der Myopie noch ausführlicher in folgender Weise. Wer in der Jugend sich für entfernte und nahe Gegenstände übt, wird im Alter presbyopisch, weil die Uebung mit den zunehmenden Jahren abnimmt, und die Parallelstellung der Sehachsen die natürlichste ist; wer aber von Kindheit an mit dem Studium oder mit feiner Arbeit beschäftigt ist, gewöhnt sich rasch an das Betrachten naher Gegenstände, und diess nimmt mit zunehmenden Jahren zu, so dass entfernte Gegenstände mehr und mehr unvollkommen gesehen werden. So besteht in Kepler's Augen Kurzsichtigkeit in dem Zustande von Accommodation für nahe Gegenstände, unveränderlich geworden durch theilweise oder einseitige Uebung (oculus indurescens, assuefactus et quasi senilis). Und worin besteht nach ihm dieser Zustand? Er erklärt die Accommodation dadurch, dass die Netzhaut ihren Platz verändere und sich der Linse nähere oder von ihr entferne; er muss desshalb angenommen haben, dass bei Myopen die Netzhaut sich in grösserem Abstande von der Linse befindet.

Wir sehen also, dass Kepler Myopie und Presbyopie als entgegengesetzte Zustände betrachtete, und das war auf seinem Standpunkte vollkommen logisch, denn er liess für beide Zustände keine Accommodation zu.

Das Sehen der Myopen wurde noch weiter untersucht und erklärt von Scheiner (vergl. sein Werk „Oculus", 1625) und später besonders von Dechales (v. pag. 327). Doch behielt Keplers Irrthum noch immer Geltung oder, besser gesagt, die von ihm gelassene Lücke blieb unausgefüllt. Es blieb unbeachtet, dass die Myopen ein Accommodationsvermögen haben. Es ist beinahe unbegreiflich, dass die Augenärzte bei der Verordnung neutralisirender Brillen, wofür fast ganz richtige Regeln gegeben wurden, das Vorhandensein von Accommodation bei jungen Leuten übersehen haben sollten, und doch habe ich mich nicht einmal davon überzeugen können, dass irgend ein Autor des 17. Jahrhunderts derselben direct Erwähnung thut. Klar ausgesprochen finde ich es zuerst bei Robert Smith (vergl. seine Anmerkungen pag. 2, am Ende seines Complete system of optics, Cambridge, 1738, vol. II). Er bemerkt nicht nur, dass ein Kurzsichtiger ferne und nahe Objecte durch dieselbe Brille scharf sieht, sondern er zeigt auch, dass dazu nicht mehr Accommodation erforderlich ist, als für den kurzen Bereich, welchen das myopische Auge ohne Brillen besitzt. — Mit dem Nachweis der Accommodation in myopischen Augen hätte man sogleich aufhören sollen, Myopie und Presbyopie als Gegensätze hinzustellen (vergl. p. 73).

Der wichtigste Punkt, der zu untersuchen übrig blieb, war die anatomische Grundlage, die reelle Ursache der Myopie. Mit Rücksicht darauf finden wir bei den älteren Autoren keine bestimmte Vorstellung. Augenscheinlich legten sie dem Gegenstande nicht die gebührende Wichtigkeit bei. Sie liessen es wenigstens an unbefangener Untersuchung fehlen und begnügten sich damit, alle jene Abweichungen aufzuzählen, welche, wenn sie existirten, Myopie veranlasst haben würden, deren Existenz aber nicht nachgewiesen wurde. Unter den Abweichungen vom Normalen, die mehr in den Vordergrund gestellt wurden, finden wir eine dickere Linse, eine mehr convexe Hornhaut und eine längere Sehachse. — Auch vom veränderten Brechungscoëfficienten und ungewöhnlicher Lage der Linse wurde gesprochen, und als nicht blos mehr die Physiker, sondern auch die Augenärzte an der Discussion Theil zu nehmen anfingen, wurden eine Verdichtung der hinteren Oberfläche der Cornea, ein erhöhter Brechungscoëfficient des Glaskörpers, (obwohl dieser gerade das Gegentheil hervorbringen würde), eine weite Pupille und selbst ein Turgor vitalis der Liste hinzugefügt. Auf alle diese ganz willkührlichen Meinungen hat die Geschichte weiter keine Rücksicht zu nehmen. Nur insofern als sie, theilweise wenigstens, auf Beobachtungen sich gründen, verdienen sie erwähnt zu werden, und diese fehlten nicht gänzlich. So sagte Boerhaave (1708) in seinen Vorlesungen de Morbis Oculorum, praelectiones publicae, ed. altera, p. 211, Goettingae, 1750, nach Manuscripten verschiedener Hörer von Haller veröffentlicht: „Infinita sunt in oculo, nec unquam explicanda quae hos effectus (myopiam) facere possunt, duas vero saltem saepissime observatas causas hic proponemus," und nannte als solche 1. Nimia oculi longitudo; 2. Corneae convexitas nimia. In der That sind beide mehr als eine optische Fiction. Getäuscht durch eine grössere Tiefe der Augenkammer schien die Cornea bei Myopen von der Seite gesehen mehr convex, und sicher war auch das ein Gegenstand der Beobachtung, dass bei hochgradigen Myopen der Augapfel oft gross ist und prominirt.

Wir finden diese Thatsache schon bei viel früheren Autoren als Boerhaave erwähnt. Von andern geschah später selbst der ellipsoidischen, ovalen Form des myopischen Auges Erwähnung (Gendron, Traité des Maladies des Yeux, Paris, 1770, tome II, p. 359). Aber noch wurde diese Ursache im Allgemeinen nicht genügend in den Vordergrund gestellt, und bis vor wenigen Jahren war überhaupt noch keine Meinung als unbestritten richtig angenommen. Von Graefe selbst erkennt an, dass er, bevor er Augen mit Staphyloma posticum untersuchte (A. f. O. 1854, I, 1. p. 399), die Ansicht hatte, die Ursache der Myopie sei im Glaskörper zu suchen. Ich will auch anführen, dass Mackenzie (A Practical Treatise on the Diseases of the Eye, 1. ed. 1830, p. 718) angibt, dass „preternatural elongation of the eyeball" zu den „efficient causes of myopia" gehört, „and has even been regarded by some as the only admissible cause," aber ich weiss nicht, wer darunter gemeint ist.

Jetzt sind wir uns darüber klar, dass es ein Fortschritt war, als die Autoren, alle andern Ursachen bei Seite setzend, an der grösseren Länge der Sehachse festhielten. Eine solche Verlängerung war anatomisch zuerst von Scarpa 1801 (vergl. p. 311) bei 2 Weiberaugen gefunden und wurde von ihm unter dem Namen Staphyloma beschrieben, weil es eine krankhafte Ausdehnung zu sein schien. Diess war vielleicht der Grund, warum es Scarpa nicht in den Sinn kam, die Abweichung, die er constatirte, in Verbindung mit Myopie zu bringen, denn man war damals weit davon entfernt zu argwöhnen, dass mit Myopie ein atrophischer Zustand verbunden sei. Später machte v. Ammon (Zeitschrift für Ophthalmologie, 1832) die Bemerkung, dass das Staphyloma posticum Scarpae nicht so selten vorkommt, als man gedacht hatte, und dass die Ausdehnung gewöhnlich in der Gegend des hinteren Poles am grössten ist. Doch suchte auch er keinen Zusammenhang des Staphyloms mit Myopie. Der erste, welcher angibt, dass er in der Leiche das Auge eines Kurzsichtigen birnförmig gefunden habe, ist Ritterich 1839, aber es war Arlt 1854 (vergl. p. 311), welcher an verschiedenen Augen von Myopen eine nachweisbare, auf Kosten der hinteren Wand zu Stande gekommene Verlängerung der Sehachse fand und die grosse Wichtigkeit dieser Ausdehnung in Bezug auf die Myopie untersuchte und durch Sectionen als constanten Befund bei Myopie erkannte. Hierzu trug sicherlich viel bei, dass nach der Erfindung des Augenspiegels von verschiedener Seite die besonderen Veränderungen im Augengrunde von Myopen entdeckt waren (v. Graefe l. c.; Jaeger, Sitzungsberichte der Wiener Akademie, 27. 4. 1854), welche unzweifelhaft mit der Ausdehnung des hinteren Bulbusabschnittes in Zusammenhang stehen. Von Graefe hatte selbst auch schon 2 Augen untersucht (1854 l. c. p. 394), in welchen die eigenthümliche Atrophie (Sclerotico-chorioiditis posterior) mit dem Augenspiegel erkannt, und die Länge der Sehachse 29 und 30,5^{mm} gefunden worden war. — Es erhob sich nun die Frage, ob Myopie in jedem Falle einer Verlängerung der Sehachse zuzuschreiben sei. Bei den höchsten Graden des Leidens konnte darüber kein Zweifel bestehen. Von Graefe stellte sofort fest, dass von denen, welche Gläser von — $^1/_6$ bis — $^1/_2$ bedürfen, um ihre Myopie zu neutralisiren, unter allen Umständen 90% die eigenthümliche Veränderung im Augengrunde darbieten. Andere bestätigten dieses häufige Zusammentreffen oder fanden es unabhängig von v. Graefe. Ich selbst gewann bald die Ueberzeugung, dass das Verhältniss noch näher an 100% sei. Es schien mir in der That, dass, seltne Fälle von krankhafter Ausdehnung der Hornhaut ausgenommen, der atrophische Halbmond in höheren Graden von Myopie nie fehlt, und dass, wenn man ihn in mittleren Graden in der Jugend noch nicht findet, er sich selbst ohne Zunahme der Myopie im vorgerückteren Lebensalter entwickelt, was zu der Annahme führt, dass auch in diesen Fällen die längere Sehachse ursprünglich vorhanden war. Auf diese Weise wurde es sehr unwahrscheinlich, dass die Hornhaut oder die Linse irgend einen Theil an der Ursache der Myopie haben. Für die Cornea ist das jetzt durch zahllose Messungen nachgewiesen (vergl. p. 77). Dass es für die Linse der Fall wäre, oder dass eine besondere Form von erworbener Myopie (Plesiopie) davon abhängig sei (Stellwag, Jaeger), scheint vor der Hand wenigstens noch sehr zweifelhaft (p. 295). So viel ist gewiss, dass die typische Myopie von einer Verlängerung der Sehachse abhängt. — Was die Entstehungsweise anbelangt, so erachtete v. Graefe anfangs die Ausdehnung als durch Entzündung bedingt. Stellwag (Die Accommodationsfehler des Auges, Wien, 1855) zeigte, dass sie durch einen angeborenen Formfehler bedingt sein könnte; die secundären krankhaften Veränderungen wurden gleichzeitig von Vielen beobachtet und erkannt. — Die Lage des Bewegungscentrums in myopischen Augen bestimmte ich mit Dr. Doyer (vergl. § 15 und 31). — Vorher schon hatte ich die Veränderung in der Richtung der Sehlinie bemerkt, welche durch Ortsveränderung des gelben Fleckes zu Stande kommt (p. 51), und hatte sie mit der Stellung der Augen in Zusammenhang gebracht (p. 321). — Die Bewegungen des myopischen Auges und den Zusammenhang zwischen Myopie und Asthenopia muscularis erforschte v. Graefe (Archiv, 1862); zum Nachweis der Abhängigkeit des Strabismus divergens von Myopie, lieferte auch ich einige Beiträge (§ 31). Die Untersuchung über die relative Accommodationsbreite der Myopen wurde endlich von Mac Gillavry (Over de hoegrootheid van het accommodatie vermogen, Utrecht, 1858) begonnen, von mir fortgesetzt

und auf den Gebrauch von Brillen angewendet. — Die anatomische Untersuchung myopischer Augen, zu welcher Arlt und Eduard v. Jaeger wichtige Beiträge geliefert haben, lässt noch viel zu wünschen übrig. — In neuester Zeit ist auch der Anfang gemacht, bei der Untersuchung über die Augenbewegungen auf den Refractionszustand der Augen, mit denen die Versuche angestellt werden, Rücksicht zu nehmen, vergl. Berthold, Ueber die Bewegungen des kurzsichtigen Auges. Arch f. Ophth. XI. 3. p. 107. Damit scheint uns der Weg betreten zu sein, der zum Ziele zu führen verspricht. So viele mühevolle Untersuchungen im Gebiete der physiologischen Optik sind geradezu unbrauchbar, weil die Eigenschaften der experimentirenden Augen nicht angegeben sind, und es dadurch unmöglich ist, zu entscheiden, was individuell ist, und was Anspruch auf allgemeine Gültigkeit machen darf.

ACHTES KAPITEL.

Astigmatismus. *As.*

§ 33. Definition des Astigmatismus. — Regelmässiger und unregelmässiger Astigmatismus.

Die Ametropie oder die Refractionsanomalien zerfallen in zwei entgegengesetzte Zustände, Myopie und Hypermetropie. Jede Refractionsanomalie gehört zu einer von diesen beiden. Es kommt aber zuweilen vor, dass in den verschiedenen Meridianen eines und desselben Auges der Refractionszustand sehr verschieden ist. Und zwar kann ein und dasselbe Auge in einem Meridiane emmetropisch, in einem andern ametropisch sein, oder es können in verschiedenen Meridianen Unterschiede im Grade und selbst in der Form der Ametropie vorkommen.

Die Asymmetrie, auf welcher die erwähnte Verschiedenheit beruht, findet sich in allen Augen. In der Regel besteht sie aber in so geringem Grade, dass die Sehschärfe nicht wesentlich darunter leidet. Nur ausnahmsweise wird sie so erheblich, dass sie eine Aberration des Lichtes verursacht, welche der Sehschärfe Abbruch thut.

Diese von einer Asymmetrie des Auges abhängige Aberration kann mit dem Namen Astigmatismus bezeichnet werden. Des bessern Verständnisses wegen müssen wir einen Blick auf die Aberration des Lichtes im Allgemeinen werfen.

Lichtstrahlen, welche gehörig verlängert sich alle auf einer Seite des brechenden Mediums in einem Punkte schneiden, bilden homocentrisches*) Licht; sie haben ein gemeinschaftliches Centrum. Homocentrisch ist daher das Licht, welches von einem Punkte eines Gegenstandes divergirt; homocentrisch ist auch ein Bündel paralleler Lichtstrahlen, welche von einem in unendlicher Entfernung gelegenen Punkte stammen. Die Lichtstrahlen also, welche von einem Gegenstande ausgehend die Hornhaut treffen, bilden Kegel homocentrischen Lichtes. Allein wenn die Strahlen zwischen dem Gegenstande und dem Auge aus irgend einer Ursache mehr oder weniger von ihrem Wege abweichen, hören die Lichtkegel auf aus homocentrischem Licht zu bestehen.

*) Listing. Beitrag zur physiologischen Optik. Götting. 1845.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass homocentrisches Licht, wenn es an einer sphärischen Fläche gebrochen wird, homocentrisch bleibt; dass nämlich die Strahlen hinter der brechenden Fläche sich entweder wieder in einem Punkte vereinigen, oder in einer solchen Richtung fortgehen, als ob sie sämmtlich geradeswegs von einem vor der brechenden Fläche gelegenen Punkte herkämen.

Die Homocentricität bleibt dabei aber nicht vollkommen. Die Strahlen schneiden sich nämlich nicht mehr vollkommen in einem Punkte, sondern nur nahezu. Diese Abweichung von der Homocentricität nennt man Aberration; und man unterscheidet hier zwei verschiedene Arten von Aberration: die chromatische und die sphärische. Die erste hängt von der Qualität des Lichtes ab, die zweite von der Form der brechenden Fläche.

Die chromatische Aberration ist die Folge einer Verschiedenheit in der Brechbarkeit des Lichtes. Strahlen, die parallel zur Achse der lichtbrechenden Fläche und zugleich in gleicher Entfernung von dieser Achse die sphärische Fläche treffen, erleiden keine sphärische Aberration, und würden daher auch vollkommen auf einen und denselben Punkt gerichtet bleiben, wenn sie sämmtlich von gleicher Art wären. Strahlen von ungleicher Art dagegen finden hierbei ihren Brennpunkt auf der Achse in verschiedenen Entfernungen von der brechenden Fläche, die violetten und blauen Strahlen in kleinerer, die rothen in grösserer Entfernung. Diese chromatische Abweichung besitzt nun nothwendiger Weise auch der dioptrische Apparat des Auges. Sie thut aber unter gewöhnlichen Umständen der Sehschärfe keinen Abbruch *). Wir lassen sie in der Folge unbeachtet, da sie mit unserm Gegenstand in keinem wesentlichen Zusammenhange steht.

Lichtstrahlen von gleicher Wellenlänge, und daher von gleicher Brechbarkeit, bilden homogenes Licht; dieses hat lediglich eine Farbe und heisst darum monochromatisch. Fallen solche Strahlen parallel zur Achse und in gleichem Abstande von derselben auf eine sphärische Fläche, so werden sie auch gleichmässig von der Achse weg, oder nach ihr hin gebrochen und bleiben daher auf einen Punkt gerichtet: die Homocentricität ist vollkommen. Treffen sie aber, obwohl parallel zur Achse, die Fläche in verschiedenen Entfernungen von der Achse, so hören sie auf, genau nach einem Punkte gerichtet zu sein; je entfernter von der Achse sie die Fläche treffen, desto näher an der Fläche schneiden sie die Achse. Diese Abweichung wird sphärische Aberration genannt: sie ist die monochromatische Aberration (d. h. die Aberration von Strahlen gleicher Farbe) durch Brechung an einer sphärischen Fläche.

Eine monochromatische Aberration hat auch der dioptrische Apparat des Auges. Sie ist hier sogar ziemlich anschnlich und in hohem Grade complicirt. Für unsern Zweck müssen wir unterscheiden:

a) Eine Aberration, die sich auf die Strahlen bezieht, welche in einem und demselben Meridian gebrochen werden.

b) Eine Aberration, welche von Unterschieden in der Brennweite verschiedener Meridiane des lichtbrechenden Apparates abhängt.

---

*) Helmholtz, Physiologische Optik. p. 137, 1856.

Die erstere repräsentirt den unregelmässigen (irregulären) Astigmatismus. Er ist hauptsächlich durch die Structur der Linse bedingt; sein charakteristisches Symptom ist die Polyopia uniocularis. Auch krankhafte Veränderungen können unregelmässigen Astigmatismus hervorbringen. Hiervon wird im letzten Paragraphen dieses Kapitels die Rede sein. — Die zweite veranlasst den regelmässigen (regulären) Astigmatismus, welcher correcturfähig ist. Dieser ist das Hauptthema dieses Kapitels.

Rev. Dr. Whewell hat, wie Mackenzie (A Practical Treatise on the Diseases of the Eye. London, 1854. p. 927) mittheilt, das Gebrechen, welches Airy von seinem linken Auge beschrieb, mit dem Namen Astigmatismus bezeichnet.

Diess Wort ist von α privativum und στίγμα, von στίζω, pungo, abgeleitet und soll ausdrücken, dass Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, sich nicht wieder in einem Punkte vereinigen. Die gesammte monochromatische Abweichung im Auge kann man daher Astigmatismus nennen, und diese Bedeutung habe ich dem in Rede stehenden Ausdrucke beigelegt, während Whewell ihn nur für die regelmässige Form gebraucht. Wenn jedoch das Wort Astigmatismus im Verlaufe dieses Werkes ohne weitere Erklärung als Bezeichnung gebraucht wird, so ist damit immer der regelmässige Astigmatismus gemeint.

§ 34. Regelmässiger Astigmatismus im normalen Auge.

Bestimmt man nach einander die grösste Entfernung, in welcher feine horizontale und feine verticale Drähte oder Striche scharf gesehen werden, so erhält man ungleiche Entfernungen. Bei weitem die meisten Augen finden für horizontale Striche einen kürzern Abstand, als für verticale.

Auf dieselbe Verschiedenheit stösst man bei Bestimmung des Nahpunktes. Doch stellt sich dabei der Unterschied als zu gross heraus, weil die beiden Bestimmungen nicht bei gleicher Convergenz gemacht werden und die Augen bei grösserer Convergenz kräftiger accommodiren.

Zwei Drähte, der eine vertical, der andere horizontal, die sich in einer Ebene kreuzen, werden nicht gleichzeitig scharf gesehen. Sieht man den horizontalen scharf, so muss sich der verticale, um eben so deutlich zu erscheinen, vom Auge entfernen; accommodirt man für den verticalen, so muss man den horizontalen, um ihn eben so scharf zu sehen, dem Auge nähern. Diese Erscheinung zeigt sich bei jedem Grad von Accommodationsspannung.

Diese Versuche beweisen, dass die Punkte der brechenden Flächen nicht symmetrisch um eine Achse angeordnet sind. Die Asymmetrie ist der Art, dass die Brennweite im verticalen Meridian kürzer ist, als im horizontalen. Um nämlich eine verticale Linie scharf zu sehen, müssen die Strahlen, die aus jedem Punkte der Linie in einer horizontalen Ebene divergiren, auf der Netzhaut zur Vereinigung gebracht werden; es ist aber nicht nothwendig, dass auch die in einer verticalen Ebene divergirenden Strahlen in einem Punkte gesammelt werden, da die in verticaler Richtung noch bestehenden Zerstreuungsbilder einander in einer verticalen Linie decken. Umgekehrt, um eine horizontale Linie scharf zu sehen, ist es nur nothwendig, dass die in einer verticalen Ebene divergirenden Lichtstrahlen sich in einem Punkte der

Netzhaut vereinigen. Horizontale Striche werden, wie wir bemerkten, auf geringere Entfernung scharf gesehen, als verticale: folglich werden die in einer verticalen Ebene gelegenen Strahlen, die im verticalen Meridian des Auges gebrochen werden, eher zur Vereinigung gebracht, als die in einer horizontalen Ebene gelegenen von gleicher Divergenz; und der verticale Meridian-Durchschnitt hat daher eine kürzere Brennweite, als der horizontale.

Die Richtigkeit dieser Betrachtung ergibt sich ferner aus der Form der Zerstreuungsbildchen eines Lichtpunktes. Bei genauer Accommodation ist das Zerstreuungsbildchen sehr klein und nahezu rund, während ein näher gelegener Punkt in der Breite, ein entfernter in der Höhe ausgedehnt erscheint.

Die Bedeutung dieser Erscheinung muss scharf aufgefasst werden und scheint daher eine nähere Erklärung zu erfordern.

Man denke sich die ganze Abweichung des Lichtes im Auge hervorgebracht durch eine einzige convexe brechende Fläche, mit kleinstem Krümmungsradius im verticalen, grösstem Krümmungsradius im horizontalen Meridian. Diese beiden sind dann die Hauptmeridiane. Durch eine centrale runde Oeffnung, Fig. 151, vv' hh', falle auf diese Fläche ein von einem in der Sehlinie gelegenen Punkte ausgehender Strahlenkegel; von diesem Kegel betrachten wir nur diejenigen Strahlen, welche in der verticalen Ebene vv' und in der horizontalen Ebene hh' liegen, und deren äusserste die Punkte v v' und h h' sind. Nach der Brechung nähern sich beide der Augenachse (welche lothrecht auf die Fläche der Zeichnung durch a geht), vv' aber schneller als hh'. Vor der Vereinigung liegen sie desshalb auf dem Durchschnitte, so wie in Fig. 152 A, und wenn v v' in einem Punkte, B, zusammentreffen, so sind h h' noch nicht zur Vereinigung gekommen. Weiterhin findet man vv' bereits überkreuzt, hh' einander genähert, C, D und E; ferner hh' in einem Punkte vereinigt und vv' nach der Ueberkreuzung weiter auseinander gegangen, F; endlich

Fig. 151.

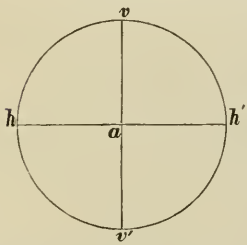
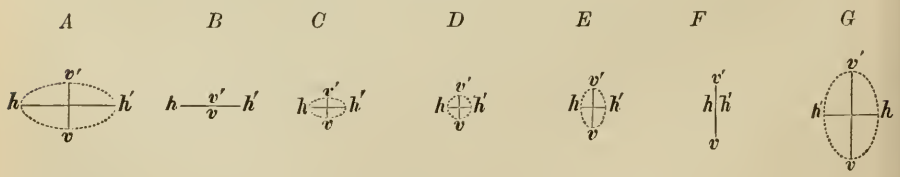


Fig. 152.



beide überkreuzt, G. Der Brennpunkt von vv' liegt also am weitesten nach vorn, der von hh' am weitesten nach hinten auf der Achse. Der Raum zwischen beiden Punkten, in welchem Strahlen von verschiedenen Meridianen sich überkreuzen, ist von Sturm: intervalle focal, Brennstrecke genannt worden.

Obenstehende Figuren zeigen nun deutlich, welche Form aufeinanderfolgende Durchschnitte des Lichtkegels zeigen werden. In der Mitte der

Brennstrecke D wird dieselbe nahezu rund sein und nach vorn durch eine liegende Ellipse C mit zunehmender Excentricität in eine horizontale Linie B, nach hinten durch eine stehende Ellipse E in eine verticale Linie F übergehen, während vor der Brennstrecke eine grössere liegende A, hinter der Brennstrecke eine grössere stehende Ellipse G sich befinden wird.

Wie gesagt, stimmen hiermit die Zerstreuungsbildchen des Auges im Allgemeinen überein. Sie finden also ihre Erklärung, wenn der dioptrische Apparat des Auges als eine einzige brechende Fläche mit verschiedenem Krümmungsradius in verschiedenen Meridianen betrachtet wird, und es wird sich später ergeben, dass wir dazu berechtigt sind.

Die Form der durch Brechung an einer derartigen Fläche entstehenden Zerstreuungsbilder erklärt ferner vollkommen, was wir eben über die Verschiedenheit der Entfernung gesagt haben, in welcher Linien von verschiedener Richtung deutlich gesehen werden. Horizontale und verticale Striche nämlich werden scharf gesehen, wenn die Zerstreuungsbilder aller Punkte des Striches horizontale, resp. verticale, Linien bilden, welche einander auf dem Striche decken; und diess wird dann der Fall sein, wenn der Anfang, resp. das Ende, der Brennstrecke der percipirenden Netzhautschichte entspricht.

Der leichteren Auffassung halber haben wir bisher angenommen, dass das Maximum der Krümmung in den verticalen, das Minimum in den horizontalen Meridian falle. Der Regel nach ist diess denn auch nahezu der Fall. Aber von dieser Regel finden sich, besonders bei geringen Graden von Astigmatismus, zahlreiche Ausnahmen. Nicht selten ist die Abweichung von der gewöhnlichen Richtung sehr ansehnlich; es kommt sogar vor, dass das Krümmungs-Maximum nahezu mit dem horizontalen, das Minimum mit dem verticalen Meridian zusammenfällt. So fand es Thomas Young, der Entdecker des Astigmatismus, in seinem eigenen Auge, und auch mir sind bereits viele Fälle der Art vorgekommen.

Im Allgemeinen macht es keine Schwierigkeit, die Richtung der Hauptmeridiane (die des Krümmungs-Maximum und Minimum) zu bestimmen. Die Versuche, an denen oben das Bestehen von Astigmatismus nachgewiesen wurde, geben dazu die Mittel an die Hand. Wäre man sich seiner Accommodation so vollkommen bewusst, dass man mit Genauigkeit angeben könnte, welche Linien nebenstehender Figur bei dem Maximum, welche bei dem Minimum der verlangten Accommodationsspannung ganz scharf gesehen werden, so würden damit die Richtungen des Krümmungs-Maximum und Minimum bekannt sein. Dieses Bewusstsein ist aber selten sehr genau.

Fig. 153.

Ein viel sichereres Erkennungszeichen ist daher die Richtung, in welcher das Zerstreuungsbildchen eines Lichtpunktes ausserhalb der beiden Grenzen des deutlichen Sehens verlängert erscheint. Bei aufrechter Kopfhaltung, und das Auge durch Gläser auf eine Myopie von etwa $^1/_9$ gebracht, bringe man einen Lichtpunkt (z. B. eine sehr kleine Oeffnung in einer schwarzen Platte, welche

nach dem Himmel oder nach der Glocke einer Lampe gerichtet ist) in einer horizontalen Ebene nacheinander vor oder hinter die Grenze des deutlichen Sehens: derselbe zeigt sich dann bei diesen beiden Stellungen in entgegengesetzten Richtungen verlängert, in der Weise, dass die längste Ausdehnung bei der ersten Stellung der Richtung des Krümmungs-Minimum, bei der zweiten der Richtung des Krümmungs-Maximum entspricht.

Schärfer noch ist das Resultat, wenn man das Auge, durch ein Glas (dessen Achse mit der Sehachse zusammenfallen muss) leicht myopisch gemacht (z. B. $^1/_{60}$), nach einem entfernten Lichtpunkte (einer kleinen, runden, dem Lichte zugekehrten Oeffnung in einem schwarzen Schirm) sehen lässt, und nun ein negatives Glas (z. B. — $^1/_{30}$) abwechselnd davorhält und wieder wegnimmt. Das Zerstreuungsbildchen wird dann jedesmal in zwei verschiedenen Richtungen ausgedehnt, — bei Zuhülfenahme von — $^1/_{30}$ in dem Meridian des Krümmungs-Minimum, ohne dieses negative Glas in dem des Krümmungs-Maximum. Bei schneller Abwechslung im Vorsetzen und Wegnehmen des Glases werden beide Bildchen (durch die Nachdauer des Eindrucks) anhaltend und zugleich gesehen und erscheinen dann manchmal in der Form eines Kreuzes.

Das Urtheil über die Richtung wird bei dem eben beschriebenen Experiment mitunter unsicher ausfallen, wenn der unregelmässige Astigmatismus sehr entwickelt ist und die Zerstreuungsbilder in Folge dessen sehr complicirt sind. Doch erhalten wir auch dann ein sicheres Resultat, wenn wir einem schwachen cylindrischen Glase, etwa $^1/_{80}$, diejenige Richtung geben, in welcher Buchstaben oder andere kleine Figuren am schärfsten gesehen werden. In der vortheilhaftesten Stellung erhalten wir nur den Unterschied der astigmatischen Wirkung des Cylinderglases und des Auges; bei der am wenigsten vortheilhaften dagegen die Summe. Das Glas wird mit genau verticaler Achse in einen Ring eingesetzt, welcher sich in einem zweiten auf dem Tische befestigten Ringe dreht; an diesem wird die Lage der gefundenen Achse in Graden abgelesen. Durch diesen Versuch kann sich jeder davon überzeugen, dass sein Auge nicht frei von Astigmatismus ist. Wäre diess der Fall, so würde das Sehen zusammengesetzter Figuren bei jeder Stellung der Achse in gleicher Weise gestört sein. Diess ist jedoch durchaus nicht der Fall; die meisten Individuen nehmen bei einer bestimmten Richtung des Glases sogar eine unzweifelhafte Verbesserung des Sehens wahr.

Die Ursache des regelmässigen Astigmatismus ist zum Theil in der Cornea zu suchen. Zahlreiche Messungen haben bewiesen, dass die Cornea in ihren verschiedenen Meridianen einen verschiedenen Krümmungsradius besitzt; und was für den dioptrischen Apparat im Allgemeinen gilt, dass nämlich das Krümmungs-Maximum durchgehends ungefähr dem verticalen Meridian entspricht, das ist für die Cornea, für sich allein genommen, ebenfalls zutreffend. Es steht also fest, erstens, dass die Cornea ihrer Form wegen Astigmatismus verursacht, und zweitens, dass, wenn auch die Krystalllinse einen Einfluss ausübt, im Allgemeinen doch die Wirkung der Cornea überwiegt.

Von der Linse hängt der unregelmässige Astigmatismus ab; ihr verdanken die Polyopia uniocularis und die Strahlen des Zerstreuungsbildes eines Lichtpunktes ihren Ursprung. Der directe Beweis wird dadurch geliefert, dass im Zustande von Aphakie, wenn nämlich die Linse vollkommen aus

dem Auge entfernt ist, alle diese Erscheinungen von unregelmässigem Astigmatismus aufgehoben sind. In zahlreichen Fällen habe ich mich davon überzeugt. Die Grenzen der Brennstrecke und die Uebergangsformen des Zerstreuungsbildes werden bei Aphakie mit einer Genauigkeit und Schärfe angegeben, welche den strengsten Anforderungen der Theorie genügt.

Indessen verändert die Linse auch den regelmässigen Astigmatismus, sei es durch die Form ihrer Oberflächen, sei es durch schiefe Lage. Darum entspricht der regelmässige Astigmatismus des gesammten Apparates weder hinsichtlich der Richtung, noch des Grades vollkommen dem der Hornhaut.

Der Astigmatismus, als Effect einer positiv cylindrischen Linse, kann durch eine zweite von derselben Brennweite aufgehoben werden, sowohl durch eine negative, deren Achse parallel der ersteren ist, als auch durch eine positive, deren Achse lothrecht auf der der ersteren steht. Ebenso kann der Astigmatismus des Auges durch eine cylindrische Linse corrigirt werden; und nach dem oben in § 6 zur Bestimmung des Grades der Refractionsanomalien aufgestellten Princip, bestimmt die Brennweite der hierzu erforderlichen cylindrischen Linse den Grad des Astigmatismus: er ist umgekehrt proportional zu der in Pariser Zoll ausgedrückten Brennweite der corrigirenden Linse.

So lange der Astigmatismus die Sehschärfe nicht beeinträchtigt, nennen wir ihn normal. Abnorm ist er, sobald er störend wirkt. Beträgt er $^1/_{40}$ oder mehr, so muss er als abnorm betrachtet werden.

Der Grund, warum Knapp bei höheren Graden keine Sehstörung gefunden hat, ist darin zu suchen, dass er den Grad des Astigmatismus aus der Bestimmung der Nahpunkte, wobei man zu hohe Werthe erhält, herleitete (p. 381).

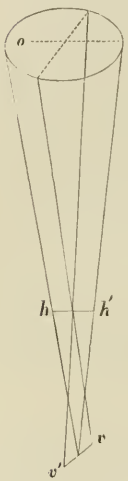
Der Entdecker der Asymmetrie des dioptrischen Apparates des Auges, Thomas Young (Philos. Transactions for 1793, Vol. LXXXIII, p. 169, und Miscellaneous Works of the late Thomas Young, edited by Peacock. London. 1855. T. I, p. 26), nahm dieselbe an sich selbst wahr. Dieser ausgezeichnete Gelehrte und Naturforscher, dessen glänzende Verdienste auf dem Gebiete der physiologischen Optik erst durch Helmholtz nach Verdienst gewürdigt worden sind, war selbst myopisch. Bei Accommodationsruhe, also bei Einstellung für den Fernpunkt, sah er in seinem Optometer die Doppelbilder des Drahtes sich in horizontaler Richtung in 7 Zoll, in verticaler dagegen in 10 Zoll überkreuzen. Diess erweist bei Reduction der englischen Zoll auf Pariser einen Astigmatismus von $^1/_{25}$; und es ist daher befremdend, dass Young, wie er selbst erklärt, keine Sehstörungen dadurch empfunden hat. Der Opticus Cary, dem Young seine Entdeckung mittheilte, erklärte ihm, bereits mehrmals gefunden zu haben, dass Kurzsichtige besser sehen, wenn die erforderlichen Gläser in einer bestimmten schiefen Richtung vor das Auge gehalten werden, wobei, wenigstens wenn starke Gläser nothwendig sind, ein gewisser Grad von Astigmatismus corrigirt werden kann. — Young studirte auch schon die Form der Zerstreuungsbilder und bildete sie ab. Den Grund des Astigmatismus suchte er in der Linse, weil derselbe fortbestand, wenn er seine Cornea unter Wasser tauchte und ihre Wirkung durch eine Convexlinse ersetzte. Er nahm daher einen schiefen Stand der Linse als Ursache an und glaubte sogar aus den Zerstreuungsbildern eines Lichtpunktes schliessen zu dürfen, dass die beiden Oberflächen seiner Linse nicht centrirt wären. — In zweierlei Hinsicht zeigte also das Auge von Young ein ausnahmsweises Verhalten: die Brechung war stärker im horizontalen, als im verticalen Meridian, und die Ursache lag hauptsächlich in der Linse.

Fick (Zeitschrift für ration. Medizin. N. F. VI. p. 83) fand bei sich selbst einen Astigmatismus von $^1/_{319}$, Helmholtz (Physiol. Optik. l. c. p. 145) von $^1/_{119}$.

Bruecke konnte, wie ich glaube, überhaupt keinen wahrnehmen. Auf meinem rechten Auge beträgt er $^1/_{100}$, auf meinem linken $^1/_{95}$. Die meisten scharfsichtigen Augen haben nicht mehr als $^1/_{140}$ bis $^1/_{60}$. Beträgt er mehr, dann wird unter manchen Umständen (vergl. den folgenden Paragraphen) die Sehschärfe bereits beeinträchtigt.

Die Theorie der Brechung an asymmetrischen Flächen wurde bereits vor vielen Jahren von Sturm (Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris. T. XX. p. 554, 761, 1238, und Poggendorff's Annalen, B. 65, 116. Vergl. Fick, Mediz. Physik, p. 327, woraus nebenstehende Figur (Fig. 154) entlehnt ist) entwickelt. Er zeigte, dass, wenn auf ein sehr kleines ringförmig begrenztes Stückchen einer gekrümmten asymmetrischen Fläche ein homocentrisches Lichtbündel fällt, dieses nach der Brechung nicht homocentrisch bleibt, sondern eingehüllt ist in eine gewisse windschiefe Fläche (surface gauche), welche, ausser durch die kleine Oeffnung o, begrenzt wird durch zwei sich im Raume überkreuzende Linien hh' und vv', die nicht in einer Ebene liegen: wird hh' in der Ebene der Figur gedacht, so ist vv' als perspectivische Projection einer senkrecht zu derselben Ebene stehenden Linie zu betrachten. Der Raum zwischen hh' und vv' ist die Brennstrecke.

Fig. 154.



Oben haben wir bemerkt, dass die Formen der Zerstreuungsbilder des dioptrischen Apparates des Auges, abgesehen von besonderen Complicationen, im Allgemeinen den Anforderungen obiger Theorie entsprechen. Es verdient nun näher untersucht zu werden, worin die Asymmetrie des Apparates besteht.

Zuerst also ist die Cornea asymmetrisch. Sie kann, wie zahlreiche Messungen beweisen, als das Scheitelsegment eines Ellipsoids mit drei ungleichen Achsen betrachtet werden. Die lange Achse entspricht der Augenachse, die beiden kurzen Achsen liegen in der Regel nahezu horizontal und vertical. Alle durch die lange Achse gelegten Meridian-Durchschnitte sind nahezu Ellipsen, aber von ungleicher Excentricität und ungleichem Krümmungsradius (vergl. Knapp l. c.). Maximum und Minimum des Krümmungsradius entsprechen den Hauptschnitten, welche durch die lange und eine der kurzen Achsen gelegt sind; das Maximum durchgehends dem horizontalen, das Minimum dem verticalen Hauptschnitt. Auf ein derartiges Ellipsoid nun ist die Sturm'sche Theorie anwendbar. Dass dabei eine Brennstrecke entsteht, und welche Form deren lothrechte Durchschnitte haben, haben wir oben anschaulich dargestellt. Wir glauben davon noch eine eingehendere Entwickelung nach Helmholtz aufnehmen zu dürfen. In Fig. 155 sei die Linie gb eine Achse des Ellipsoids, in deren

Fig. 155.

Verlängerung bei p der Lichtpunkt sich befindet. Die Ebene der Zeichnung sei ein Hauptschnitt des Ellipsoids, so dass noch eine zweite Achse gh in dieser Ebene liegt. Die Normalen aller Punkte einer ellipsoiden Fläche, die durch einen Hauptschnitt getroffen werden, liegen ebenfalls im Hauptschnitt des Ellipsoids. Und da nun ein gebrochener Strahl in der Ebene bleibt, welche er mit der Normalen einschliesst, so bleiben Strahlen, die in einem Hauptschnitt einfallen, auch nach der Brechung in diesem Hauptschnitt. Wenn also aus p ein Strahl auf den Punkt c fällt, so bleibt der gebrochene Strahl in der Ebene der Zeichnung

(worin der Strahl und die Lothrechte da liegen) und schneidet die Achse bg in einem ihrer Punkte q. Der gebrochene Strahl wird dabei genauer bestimmt durch das Gesetz, dass

$$sin\ a\ c\ q = n.\ sin\ p\ c\ d$$

sein muss, wobei n das Brechungsverhältniss bezeichnet. Dieses Gesetz ist dasselbe, wie für symmetrische oder Rotations-Flächen. Die nahezu lothrecht bei b auffallenden Strahlen haben also einen gemeinschaftlichen Vereinigungspunkt auf der Achse, dessen Entfernung abhängt von dem Krümmungsradius r der krummen Linie $b\ c\ h$ in b. Liegt p in unendlicher Entfernung, so ist die hintere Brennweite für den gegebenen Hauptschnitt

$$F'' = \frac{n\,r''}{n-1}.$$

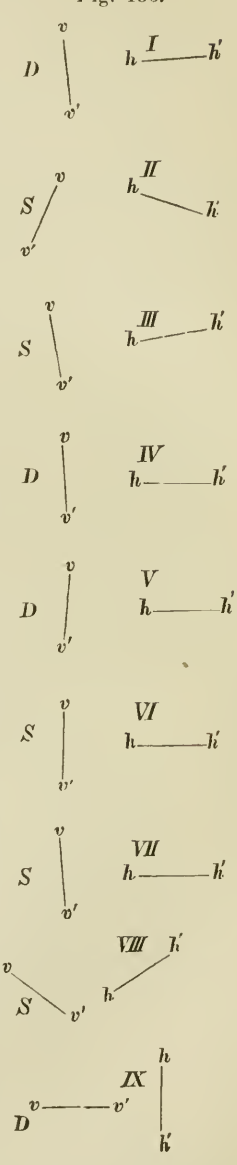
Für die Strahlen, die von p ausgehend im andern Hauptschnitt verlaufen, welcher durch $b\ q$ und die dritte Achse gelegt ist, verhält sich alles auf dieselbe Weise; nur hat der Krümmungsradius im Scheitel der Fläche einen andern Werth, und die Brennweite in diesem zweiten Hauptschnitte ist

$$F'' = \frac{n\,r'''}{n-1}.$$

Der Strahl $p\ q$ wird also durch die Strahlen, die in der Ebene der Zeichnung unmittelbar neben ihm liegen, in einem Punkte, z. B. q, geschnitten; dagegen durch die Strahlen, die in einer senkrecht auf der Ebene der Zeichnung gelegenen Fläche ihm benachbart sind, nicht in demselben Punkte q, sondern in einem andern, z. B. in s.

Es ist nun ersichtlich, dass in dem der Achse angehörenden Punkte q die Strahlen, die in einer lothrecht auf der Zeichnung stehenden Ebene liegen, noch eine lineare Ausbreitung in dieser Ebene besitzen; dass dagegen die Strahlen, die in der Ebene der Zeichnung liegen und sich in q vereinigen, wenn sie den Punkt s der Achse erreichen, wieder eine lineare Ausbreitung haben werden: in q und s liegen also die Grenzen der Brennstrecke. — Aus der oben gegebenen Darstellung kann diess alles bereits abgeleitet werden. Aber jetzt erst erhellt, was oben absichtlich bei Seite gelassen wurde, dass in diese Betrachtung nur die Strahlen aufgenommen sind, welche mit den beiden Hauptschnitten des ungleichachsigen Ellipsoids zusammenfallen. Denn nur in den Hauptschnitten gehen die Normalen durch die Hauptachse; in allen andern Meridian-Durchschnitten liegen die Normalen ausserhalb der Achse und werden folglich die auffallenden Strahlen nicht in einer Ebene gebrochen, in welcher die Hauptachse liegt, und schneiden sich daher auch nicht in einem Punkt der Achse. — Es ergibt sich hieraus, dass wir nicht annehmen dürfen, dass in der Brennstrecke eine Reihe von Brennpunkten auf der Achse läge. Diess gilt nur für den Anfang und das Ende derselben. Das Bündel ist, wie Sturm lehrte, eingeschlossen in eine windschiefe Fläche, und daher gerade kommt es, dass sich alle in den verschiedenen Meridianen gebrochenen Strahlen in den gekreuzten Linien, welche den Anfang und das Ende der Brennstrecke begrenzen, schneiden, und die früher beschriebenen Uebergangsformen der Durchschnitte des Lichtbündels in der Brennstrecke zu Stande kommen.

Fig. 156.



In einer vor Kurzem erschienenen Arbeit hat Knapp (Arch. f. Ophth. VIII, 2, p. 108), durch eine Bemerkung von Professor Kirchhoff, es lasse sich durch die einfache analytische Geometrie des Raumes nachweisen, dass ein von asymmetrisch gekrümmten Flächen gebrochenes Strahlenbündel durch zwei gerade Linien hindurchgehen müsse, veranlasst, die Form des ganzen gebrochenen Strahlenbündels mathematisch bestimmt.

Die Form der Cornea lässt erwarten, dass sie für sich selbst einen mit dem hier beschriebenen vollkommen übereinstimmenden Astigmatismus hervorbringen müsse. Ich habe diess durch Untersuchungen bestätigt gefunden. Dazu habe ich Fälle ausgewählt, in denen wegen Cataracta congenita die Linse durch wiederholte Discissionen vollständig zur Resorption gebracht (so dass von einer Formveränderung der Cornea in Folge der Operation keine Rede sein konnte), und bei denen die Pupille vollkommen rund geblieben war. Ohne Ausnahme wurden von diesen Augen die Grenzen der Brennstrecke als dünne Linien und die Formveränderungen der Zerstreuungsbilder übereinstimmend mit der Theorie recht scharf angegeben. Aus der Richtung der Linien, durch welche die Brennstrecke begrenzt wurde, waren Maximum und Minimum der Hornhautkrümmung unmittelbar abzuleiten: Fig. 156 zeigt die in Fällen von Aphakie bei jugendlichen Individuen gefundenen Richtungen; D bezeichnet ein rechtes, S ein linkes Auge; $h\,h'$ ist das Zerstreuungsbild an der vorderen, $v\,v'$ an der hinteren Grenze der Brennstrecke. Es ergibt sich hieraus, dass nur einmal (IX) der Krümmungsradius im verticalen Meridian grösser war, als im horizontalen, einmal (VIII) musste er in beiden Meridianen nahezu gleich sein, da $h\,h''$ und $v\,v''$ jede einen Winkel von ungefähr 45^0 mit ihnen bilden, während in den 7 übrigen Fällen der verticale Meridian ersichtlich einen kleineren Krümmungsradius hatte, 4 mal sogar beinahe mit dem kleinsten zusammenfiel.

Zu demselben Resultat führte die ophthalmometrische Bestimmung der Krümmungsradien der Cornea in einer horizontal und einer vertical durch die Gesichtslinie gelegten Ebene. Man betrachte untenstehende Tafel: —

Beobachter		ϱ^0 hor.	ϱ^0 vertic.	F'' horizont.	F'' vertical	As = 1 :
		mm.	mm.	In Pariser Zoll.		
1	Donders und Doyer	7·74	7·74	1·1356	1·1356	∞
2		8·20	8·12	1·2031	1·1914	88
3		8·34	8·19	1·2237	1·2107	85
4		7·23	7·23	1·0608	1·0608	∞
5		8·27	8·30	1·2134	1·2178	— 250
6		7·73	7·69	1·1342	1·1283	160
7		8·15	7·94	1·1958	1·1650	34
8		8·08	7·81	1·1855	1·1457	29
9		8·02	7·92	1·1767	1·1626	76
10		7·42	7·30	1·0887	1·0711	50
11		7·49	7·51	1·0987	1·1019	— 280
12		7·49	7·45	1·0987	1·0931	160
13		7·84	7·46	1·1503	1·0946	16·9
14		7·75	7·33	1·1371	1·0755	14·9
15		7·60	7·53	1·1151	1·1048	89
16		7·55	7·60	1·1078	1·1151	— 127
17	Knapp	7·80	7·91	1·1445	1·1605	— 62
18		8·07	8·26	1·1840	1·2120	— 40
19		7·23	7·385	1·0608	1·0835	— 38
20		7·22	7·08	1·0593	1·0388	40
21		7·74	7·71	1.1356	1·1313	220

In der zweiten Columne sind die für die horizontale, in der dritten die für die verticale Ebene gefundenen Krümmungsradien verzeichnet, ausgedrückt in mm; die vierte und fünfte Columne enthalten die hinteren Brennweiten F'' der Cornea in den beiden Ebenen, berechnet nach der Formel

$$F'' = \frac{n\,r}{n-1},$$

wobei $n = 1{,}3365$ angenommen ist. Sie sind in Pariser Zoll ausgedrückt und daraus ist nach der Formel

$$f' = \frac{F'\,f''}{f'' - F''}$$

die Brennweite einer cylindrischen Linse berechnet, durch deren Verbindung mit dem horizontalen Meridian dessen hintere Brennweite mit dem Brennpunkt des verticalen Meridians zusammenfällt. In dieser Formel ist F' $(= F'' : n)$ die vordere Brennweite der Hornhaut in der Horizontalebene, f'' die hintere Brennweite in der Verticalebene, f' die Entfernung zwischen der Hornhautebene und einem auf der Achse gelegenen Punkt, auf welchen die Strahlen in einer Horizontalebene gerichtet sein müssen, um im Brennpunkt der Verticalebene vereinigt zu werden. Ist der Krümmungsradius in der horizontalen Ebene grösser, als in der verticalen, dann ist $f'' < F''$, und daher f' negativ, was bedeutet, dass die Strahlen nach einem hinter der Cornea gelegenen Punkt convergiren müssen, und dass die cylindrische Linse daher eine positive sein muss. Ist der Krümmungsradius in der verticalen Ebene grösser, dann ist das Umgekehrte der Fall, und die cylindrische Linse muss in diesem Fall negativ sein. Ist daher f' negativ, so ist eine positive Linse nöthig und umgekehrt. Das negative Vorzeichen ist in der Tabelle da gesetzt, wo eine negative Linse nöthig war. Uebrigens ergibt die Rechnung, dass (die Linse unmittelbar an der Hornhaut gedacht) eine negative Linse, welche die Brennweite der stärksten Krümmung in die der schwächsten verwandeln soll, dieselbe Brennweite haben muss, wie eine positive, die das Umgekehrte vermag.

Aus der Tafel ergibt sich zuerst, dass in den 15 von uns untersuchten Fällen nur 3 mal im horizontalen Meridian ein kleinerer Radius gefunden wurde, als im verticalen, und dass dabei jedesmal der Unterschied äusserst klein war. In den 5 von Knapp untersuchten Fällen kamen dagegen nicht weniger als 3 vor, in denen die horizontale Ebene einen kleineren Krümmungsradius hatte, als die verticale.

Im Allgemeinen ist der berechnete Astigmatismus gering. Dabei ist noch zu bemerken, dass Nr. 14 mit einem Astigmatismus der Cornea von $^1/_{14{,}9}$ eine ansehnliche, durch eine cylindrische Linse zu verbessernde Herabsetzung der Sehschärfe hatte, was vielleicht auch bei andern der Fall war. Nr. 13, das linke Auge derselben Person, welcher auch Nr. 14 angehört, ist das merkwürdige Auge, worin bei bedeutendem Astigmatismus der Cornea der gesammte Apparat (wegen Compensation durch die Linse) nur einen geringen Grad zeigte, welcher der Sehschärfe kaum Abbruch that.

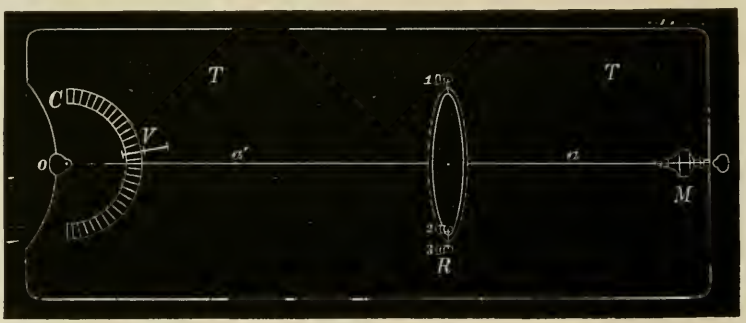
Ich habe es, da ich davon kein brauchbares Resultat erwartete, unterlassen, für jedes dieser Augen im Besondern den von der Hornhaut herrührenden Astigmatismus mit dem des gesammten dioptrischen Apparates zu vergleichen. Um nämlich aus der gefundenen Verschiedenheit ableiten zu können, welchen Astigmatismus die Linse besitzt, müssten Richtung und Grad des Astigmatismus für das ganze System bekannt sein. Nun weichen allerdings die Krümmungsradien in der Gesichtslinie wenig ab von denen in der Hornhautachse (vergl. Knapp l. c.), und sind die Hauptmeridiane durchgehends nahezu horizontal und vertical, so dass man im Allgemeinen aus den angestellten Messungen beurtheilen kann, wie viel Astigmatismus von der Asymmetrie der Hornhaut abhängt; aber die Abweichung ist sicher doch zu gross, als dass man den geringen Astigmatismus der Krystalllinse (als Differenz zwischen dem totalen und dem für die Cornea gefundenen) durch einfache Subtraction bestimmen dürfte.

Eine genauere Untersuchung, schon früher verheissen (Astigmatisme en cylindrische glazen. p. 68. Utrecht, 1862) und dann unter der eifrigen Beihülfe von Dr. Middelburg (de Zitplaats van het Astigmatisme, Utrecht, 1863) ausgeführt, hat in der That gezeigt, dass eine solche Subtraction nicht zulässig ist.

Bisher wurde der Krümmungsradius allein in der Sehlinie und hauptsächlich in der Horizontalebene (vergl. p. 17, Fig. 76 und p. 77) bestimmt, und um den Radius in einer andern Ebene, z. B. in der verticalen, wie in der Tabelle auf p. 77 zu finden, wurde der Kopf einfach auf die Seite geneigt. Es ist aber klar, dass auf diesem Wege keine verlässlichen Resultate zu erhalten waren. Einmal ist es sicherlich ausserordentlich schwierig, wenn nicht unmöglich, dem Kopfe mit einiger Sicherheit genau den gewünschten Grad von Neigung zu geben, und zweitens wurde die Gesichtslinie immer einfach nach dem Ophthalmometer gerichtet und wurde desshalb genau genommen nicht in der Ebene eines Meridians gemessen, denn die Meridiane schneiden nicht die Gesichtslinie, sondern die Hornhautachse.

Ein brauchbares System von Messungen schien desshalb nur zu erhalten möglich, wenn sich erreichen liesse, dass sich die Flammen selbst in einer verticalen Ebene um einen Punkt drehen, auf welchen die gemeinschaftliche Achse der Hornhaut und des Ophthalmometers gerichtet ist, damit sich auf diese Weise die Flammen hinter einander in den verschiedenen Meridianen der Hornhaut abspiegeln, während man den Glasplatten des Ophthalmometers eine hiermit übereinstimmende Neigung gibt. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde zuerst auf dem länglichen Tische (Fig. 157 *T T*) zwischen dem Ophthalmometer *M* und dem zu untersuchenden

Fig. 157.



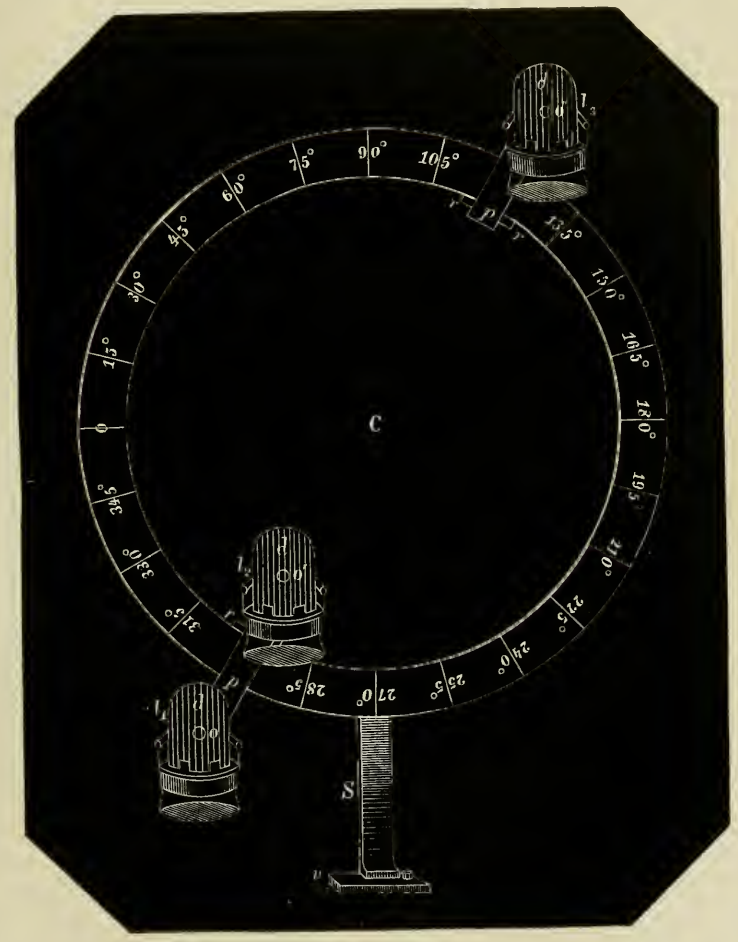
Auge *O* ein vertical gestellter Ring *R* befestigt, auf dessen Mittelpunkt die Ophthalmometer-Achse *a a'* senkrecht steht, und auf welchem die Lämpchen *1*, *2*, *3*, die hier als in einer horizontalen Linie liegend gezeichnet sind, verschoben werden können. Dieser Ring, welchen Fig. 158 anschaulicher darstellt, ruht auf einer Stange *S*, welche wegen ihrer Krümmung die Drehung der Lämpchen nicht hindert, und mit einem breiten Fussstücke *V* auf dem Tische befestigt ist. Der Mittelpunkt des Ringes *C* ist 1 Meter vom Auge entfernt; der Durchmesser des Ringes, bis zum äussersten Rande gemessen, beträgt 388mm. Auf diesem Ringe drehen sich 2 kupferne Platten *p*, *p'*, welche, sich anschliessend an die beiden hervorragenden, auf der äusseren Seite des Ringes umgebogenen Ränder *r*, *r* in der Richtung der Radien des Ringes liegen. An der einen dieser kupfernen Platten *p'* ist ein verschiebbares*) Lämpchen *l 3* befestigt; an der anderen *p* befinden sich 2 eben solche, aber fixirte Lämpchen, die eine *l 1* an der äusseren, die andere *l 2* an der inneren Seite (in Fig. 157 mit *1*, *2*, *3* bezeichnet). Jedes Lämpchen ist von einem Köcher *d* umgeben, in welchem sich eine Oeffnung *O* von 5·5mm Grösse befindet, und zugleich in einem Bügel balancirt, so dass es bei jedweder Stellung in verticaler Richtung bleibt, während es sich um eine Achse dreht, welche genau durch die

*) In allen früheren Publicationen ist durch Versehen versäumt worden anzugeben, dass das Lämpchen *l 3* auf der Platte *p'* verschiebbar sein muss. Dann kann *o''* entweder ebenso weit wie *o*, 244mm vom Centrum des Kreises entfernt, festgestellt werden, so dass das Objekt des zu messenden Hornhautbildchens 488mm beträgt, oder es kann *o''* in 171·75mm von *C* festgestellt werden, und die Länge des Objectes beträgt dann 343·5mm. Bei der zweiten Stellung kann nach dem Bessel'schen Prinzipe gemessen werden.

Mitte der oben erwähnten Oeffnungen geht. Die Lämpchen werden mit Oel gefüllt und haben einen breiten Docht, dessen Flamme, von *O* aus betrachtet, die Ebene der Oeffnungen vollständig erleuchtet.

Hat man das Lämpchen *l3* einmal festgestellt, so bleiben bei jeder Stellung der Lämpchen die erhellten Oeffnungen unveränderlich in derselben Entfernung von einander, und zwar ist dieselbe von *o* bis *o'* = 141·5mm, und schwankt von *o'* bis *o''* zwischen 271·25 und 343·5mm. Natürlich müssen die beiden Platten einander stets diametral gegenüberstehen, z. B. *p* in 120° und *p'* in 300°, wie Fig. 158 zeigt. Wir haben nur noch zu erwähnen, dass die Köcher auch den Zweck

Fig. 158.



haben die Flammen ruhig zu erhalten, und dass bei der verticalen Stellung der Lämpchen ein breiter Schirm horizontal über die zwei niedriger gestellten angebracht ist, um die starke Erwärmung und das Aufsteigen des Luftstromes zu verhüten.

Wie bereits erwähnt, ist die Achse des Ophthalmometers auf den Mittelpunkt *C* des Ringes gerichtet, und zugleich auf die Mitte der Oeffnung, vor welcher sich das beobachtete Auge *O* befindet. Bei der Untersuchung muss nun auch

die Hornhautachse damit zusammenfallen. Das Erste, was man demzufolge zu thun hat, ist, zu erforschen, welchen Punkt die Gesichtslinie fixiren soll. Aus früheren Beobachtungen hat sich ergeben, dass die Hornhautachse nahezu dem Mittelpunkte der Hornhaut entspricht; diesen Mittelpunkt suchen wir zuerst im horizontalen Meridiane nach der von Dr. Doyer und mir befolgten Methode (vergl. p. 159). Hierzu wird unmittelbar vor das Centrum des Ringes (Fig 158) ein Licht gestellt und die Lage des Visirpunktes aufgesucht, bei welcher das Reflexbild dieses Lichtes genau in der Mitte der Hornhaut gesehen wird.

Um den Visirpunkt zu finden, ist auf dem länglichen Tiche (Fig. 157) in *c* ein ebener kupferner Halbkreis angebracht, dessen Krümmungsmittelpunkt im Knotenpunkte des Auges *O* liegt, und auf dem ein Visirzeichen *V* verschoben werden kann. Ist in dieser Weise für den horizontalen Meridian die betreffende Stellung des Visirzeichens gefunden, so wird das Ophthalmometer 90° um seine Achse gedreht, und wir bestimmen nun, bei welcher Richtung der Gesichtslinie über oder unter der horizontalen Ebene das Reflexbild einer in der horizontalen, nächst der Achse des Ophthalmometers aufgestellten Flamme bei der Verdoppelung gleichzeitig die Ränder der in verticaler Richtung verdoppelten Hornhaut, respective nach oben und nach unten, erreicht. Dabei wird das Visirzeichen welches die Form eines schmalen, kleinen Kreuzes hat, so viel als nöthig, nach oben oder nach unten verschoben.

Bei der auf diese Weise gefundenen Stellung des Visirzeichens, bei welcher die Achse des Ophthalmometers mit der Hornhautachse zusammenfällt, wird nun zuerst der Krümmungsradius bestimmt, und zur Controle, ob auch wirklich der Radius im Scheitel des Hornhaut-Ellipsoids gemessen wurde, das Visirzeichen hinter einander sowohl in der horizontalen als in der verticalen Fläche um eine gewisse Anzahl (gewöhnlich 10) Grade abwechselnd nach beiden Seiten hin verschoben. Ergibt sich nun, dass in beiden Flächen, bei gleicher Abweichung in zwei entgegengesetzten Richtungen, derselbe Krümmungsradius gefunden wird, so nimmt man an, dass die Hornhautachse genau eingestellt war. War aber die Differenz grösser, als sich aus Fehlern der Beobachtung erklären liess, dann wurde dem Visirzeichen so lange eine andere Richtung gegeben, bis die wiederholte Messung die Richtigkeit der Einstellung bewies. — Es hat sich so herausgestellt, dass in horizontaler Richtung die Hornhautachse durchgehends durch die Mitte des Hornhaut-Durchschnittes geht, dass dagegen in verticaler Stellung eine Abweichung hiervon nicht selten vorkommt.

Bei dieser Bestimmung der Hornhautachse ist nun auch zu gleicher Zeit der Krümmungsradius bei 0° und bei 90° gefunden.

Während der Visirpunkt derselbe bleibt, und der Kopf in verticaler Stellung gehalten wird, werden nun weiter in einer gewissen Anzahl von Meridianen, von je 15 zu 15 Graden, wenigstens 5 Messungen ausgeführt. Diess geschieht einfach so, dass man den 3 Lämpchen und dem Ophthalmometer die erforderliche Neigung gibt. Die Werthe, welche den am Ophthalmometer abgelesenen Graden entsprechen, waren schon im Voraus empirisch bestimmt, und aus ihnen wurden nun die Krümmungsradien berechnet.

Die Messungsresultate an 15 Augen findet man in der nebenstehenden Tabelle. Dieselbe bedarf nur weniger Worte der Erläuterung. Man braucht sich nur zu merken, dass die Richtung des Meridians des Krümmungsmaximums für die Hornhaut M_c nach dem Ergebnisse der Beobachtungen taxirt wurde und sich in Columne *G*, aufgezeichnet findet. Für diese in Graden ausgedrückte Ziffer haben wir bei jedem Auge die betreffende Richtung durch eine kurze Linie markirt. Während die breite durchlaufende Linie die Nase vorstellt, ist die Richtung von M_c im rechten Auge v o r dieser Linie, im linken aber h i n t e r derselben durch einen schmaleren Streifen angegeben. In Columne *H* findet man die Richtung des Meridians des Krümmungsmaximums für das dioptrische System des ganzen Auges M_o bestimmt. Bei dieser Bestimmung benutzen wir, nach der oben angegebenen Methode, ein schwaches cylindrisches Glas, dessen Stellung genau angemerkt wird. Schwerer dagegen ist es den Grad des Astigmatismus genau festzustellen, wenn derselbe sehr gering ist. In Columne *I* ist der Astigmatismus für einzelne Augen, bei denen vollkommene Genauigkeit in der Bestimmung erreicht zu sein schien, mitgetheilt.

A	B	C	D	E	F In Millimetern angegebener Krümmungs-Radius für den Scheitel der Hornhaut im Meridian												G		H		I	K
Nr.	Name	Geschlecht und Alter	Auge	Refraction	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	Geschätzte Richtung von M_c.		Gefundene Richtung von M_o.		Anmerkungen	Beobachter
1	M.	m. 24	S.	$M^1/_{50}$	7·94	7·96	7·84	7·66	7·70	7·73	7·71	7·90	7·86	7·82	7·85	7·88						
																		90°		72°	As = $^1/_{92}$	Hamer.
2	H.	m. 25	D.	E	8·22	8·02	7·99	7·96	7·98	8·11	8·05	8·09	8·09	8·22	8·24	8 31	/					
																		55°		92$^1/_2$°	As = $^1/_{92}$	Middelburg.
					8·18						8·14											Donders.
3	H.	m 25	S.	$M^1/_{80}$	8 14	8·17	8·16	8.13	8·22	8·09	8·06	8·07	8·01	7·98	8·08	8·13						
																		135°		87$^1/_2$°	As = $^1/_{55}$	Middelburg.
					8·16						8·10											Donders.
4	v. D.	m. 26	D.	E	8·13	8·03	7·85	7·77	7·89	7 84	7·97	7·90	7·97	8·08	7·98	8·14	/					
																		66°		102°		Middelburg.
						7·92					7·89	7·89		8·03	8·06	8·13						Hamer.
5	v. D.	m. 28	S.	E	8·08	8·05	8·02	8·12	8·01	7·91	7·89	7·88	7·92	7·84	7·85	8·16						
																		105°		17°		Middelburg.
								7·91	7·91			8·01	8·01	7·95	7·83	7 99						Hamer.
6	P.G.	m. 36	D.	E	8·13	8·33	8·39	8·35	8·25	8·14	8·02	8·07	8·01	8·09	8·03	8·14	\					
																		120°		62°	As=$<^1/_{100}$	Middelburg.
7	P.G.	m. 36	S.	E	8·47	8·41	8·36	8·35	8·33	8·24	8·18	8·14	8·13	8·09	8·15	8 23						
																		120°		97°	As=$<^1/_{100}$	Middelburg.
8	O.	m. 16	D.	E	7·93	7·88	7 62	7·56	7·63	7·63	7·85	7·76	7·84	7 96	7·88	7·98	/					
																		55°		95°	As=$<^1/_{100}$	Middelburg.
																					S = $^{30}/_{20}$	
9	O.	m 16	S.	$H^1/_{80}$	7·92	7·91	7·87	7·85	7·78	7·62	7·68	7·62	7·53	7·48	7·63	7·68						
																		120°		90°	As $<^1/_{100}$	Middelburg.
																					S = $^{30}/_{20}$	
10	Gr.	m. 32	D.	$H^1/_{50}$	8,36	8·26	8·11	8·12	8·09	8·09	8·06	8·14	8·13	8 12	8·30	8·41						
																		80°		90°		Middelburg.
11	v. R.	w. 28	D.	E	8·19	8·02	7·98	7·88	7·88	7·84	7·84	7·91	8·01	8·00	8·14	8·16						
																		75°				Middelburg.
12	v. H.	w. 21	D.	E	8·08	7·89	7·88	7·77	8·01	7·92	7·73	7·93	7·99	8·07	8·09	8·09						
																		75°		72°		Middelburg.
13	W.	w. 18	D.	E	8·06	7·83	7·82	7·80	7·82	7 85	7·89	7·99	7·91	8·11	8·00	8·11	/					
																		55°		2°		Middelburg.
					8·07	7·96	7·93				7·94			7·96	7·97	8·04						Hamer.
14	S.	m. 50	D.	$H^1/_{40}$	8·09	7·90	7·84	7·84	7·97	7·86	8·02	7·93	8·00	8·08	8·03	8·13						
																		?		172°		Middelburg.
					7·97	7·98	7·96	8·05	8·10	8·10	7·98	7·90	7·82	8·00	7·96	7·97						Hamer.
15	S.	m. 50	S.	$H^1/_{36}$	8·02						8·05											
																		?		93°		Middelburg.

Aus der Tabelle ergibt sich nun:

1) Dass von 15 Augen bei 13 der Krümmungsradius im verticalen Meridiane kleiner ist als im horizontalen, während diess bei zwei Augen Nr. 14 und 15, beide derselben Person angehörig, trotz zahlreicher Messungen zweifelhaft blieb. Die unter Nr. 14 bezeichneten Messungen wurden von Dr. Middelburg gemacht, und da er über die Lage der Hauptmeridiane kein entscheidendes Resultat erhielt, so äusserte ich den Wunsch, dass Hr. Hamer an demselben Auge ein System von Messungen anstellen möge. Diese stimmen nun nicht ganz mit Middelburg's Messungen überein, scheinen aber die Richtung von M_c ebenso wenig bestimmt zu haben. Ueberdiess wurden am linken Auge derselben Person, Nr. 15, zahlreiche Messungen bei 0^0 und bei 90^0 vorgenommen, deren Durchschnittswerthe so wenig von einander verschieden sind, dass sich auch für dieses Auge nicht mit Sicherheit angeben lässt, in welchem von diesen beiden Meridianen die Krümmung grösser ist.

2) In Uebereinstimmung damit nähert sich M_c stets mehr 90^0, als 0^0. Nur bei Nr. 3 findet sich 135^0, d. h. die Mitte zwischen 90^0 und 0^0 (oder 180^0). Die für M_c erhaltenen Richtungen zeigen deutlich genug, mit wie wenig Recht man das Krümmungsmaximum genau in 90^0 sucht. Man findet hier wieder dieselbe Verschiedenheit, welche sich schon früher bei der Aphakie herausstellte, wo die Richtung bei dem allein übrig gebliebenen Astigmatismus der Hornhaut sich genau an einem Lichtpunkte bestimmen liess (vergl. Fig. 156).

3) Die Richtung des Astigmatismus für das ganze Auge M_o wird auch in den meisten Fällen näher an 90^0 als an 0^0 gefunden; nur Nr. 5, 13 und 14 machen in dieser Hinsicht eine Ausnahme. In Nr. 5 und Nr. 13 hat demzufolge M_o eine ganz andere Richtung als M_c, für Nr. 14 war M_c nicht zu bestimmen. Indessen, auch wo M_o und M_c, beide näher an 90^0 als an 0^0 waren, wichen ihre Richtungen doch immer noch ganz ansehnlich von einander ab, nämlich von 3^0 (Nr. 12) bis zu 58^0 (Nr. 6).

Daraus geht hervor, dass man kein Recht hat, M_c und M_o als zusammenfallend anzunehmen. Abgesehen von dem Grade von M_c in Bezug auf M_o, ist hierdurch schon hinlänglich dargethan, dass am normalen Astigmatismus auch die Linse einen sehr wesentlichen Antheil hat.

Sind die Richtungen von M_o und M_c, wie in Nr. 5 und Nr. 13, einander entgegengesetzt, so muss die Linse den grössten Einfluss haben. Wollten wir diesen berechnen, so wäre es nöthig, sowohl die Werthe von M_c, als von As_c aus den Messungen in zwölf Meridianen nach der Methode zu berechnen, die bei Gelegenheit des abnormen Astigmatismus angegeben wird; ferner bei der grössten Genauigkeit nicht nur M_o, sondern auch As_o, um schliesslich durch ziemlich complicirte Formeln, die ich bei Gelegenheit des abnormen Astigmatismus mittheilen werde, zu berechnen, welche Richtung von M_l (Meridian des Krümmungmaximums der Linse) und welcher Grad von As_l (Astigmatismus der Linse) im Stande sein würden, M_c und As_c in M_o und As_o umzuwandeln. Doch habe ich es für passend erachtet, diese Berechnung nicht aufzunehmen, weil bei leichtern Graden von normalem Astigmatismus unsere Daten nicht hinlängliche Genauigkeit besitzen, um viel Zutrauen zu dem Resultat der Berechnung zu erwecken. Und jetzt habe ich kaum nöthig auszusprechen, wie wenig man im Stande ist, durch Subtraction des für die Cornea gefundenen Astigmatismus von dem des ganzen Auges, beide nur in horizontaler und verticaler Richtung gemessen, den Astigmatismus der Linse zu finden.

Hat die Linse am regelmässigen Astigmatismus Antheil, so kann das auf zweierlei Weise der Fall sein. Erstens durch die Form der Krümmungsflächen. Diese können nämlich sehr wohl Ellipsoide mit ungleichen Achsen sein, deren Maxima und Minima keineswegs mit denen der Cornea zusammenzufallen brauchen; doch wissen wir darüber gar nichts Gewisses. Zweitens durch eine schiefe Lage der Linse, die einen entsprechenden Einfluss haben würde. Dass ein solcher Einfluss mitunter, wenigstens bei höheren Graden von Astigmatismus, existirt, ist, wie später klar werden wird, direct nachgewiesen; und dass derselbe in den Linsen meiner eigenen Augen bestehe, davon hat mich das Studium der Zerstreuungsbilder eines Lichtpunktes überzeugt; vor und hinter dem centralen Theile der Brennstrecke hat der Durchschnitt des von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlenbündels genau so verschiedene Formen, wie bei schiefer Haltung einer

Convexlinse auf einem Schirme eintreten, und damit hängt zum Theil die Thatsache zusammen, dass das Auge, wenn es für einen zu nahe gelegenen Punkt reducirt wird, (nicht durch Accommodation, sondern durch Linsen, so dass die Pupille in beiden Fällen gleichen Durchmesser behält) viel schärfer sieht, als wenn es für einen zu fern gelegenen Punkt reducirt wird. Im ersteren Falle liefern viele Strahlen, obgleich das Zerstreuungsbild ausgedehnt ist, noch lange Zeit einen viel helleren Kern. Theilweise kann auch die sphärische Aberration die Ursache davon sein (vergl. § 40).

Es würde lehrreich sein, solche durch ein Ellipsoid mit drei ungleichen Achsen gebrochene Strahlen auf einem Schirme auffangen zu können.

Da diess aber kein Rotationskörper ist, wird diese Form wohl kaum zu schleifen sein. Man wird indess nahezu dasselbe erreichen, wenn man mit einer gewöhnlichen sphärischen Linse eine andere cylindrische von viel grösserer Brennweite verbindet. — Solche Combinationen finden sich in den auf meine Veranlassung von Nachet in Paris zur Untersuchung des Astigmatismus zusammengestellten Kasten.

Man lasse das Licht zuerst auf die symmetrische sphärische Linse auffallen, die durch ein Diaphragma mit runder Oeffnung von der cylindrischen getrennt ist. Als cylindrische benutze man eine Combination von zwei plancylindrischen Linsen, einer positiven und einer negativen von gleicher Brennweite (Stoke'sche Linse), von denen man die eine um die Achse des Apparates drehen kann: man erhält dadurch die Wirkung einer einzelnen cylindrischen Linse, deren astigmatische Kraft = 0 ist, wenn die Achsen der cylindrischen Krümmungsflächen parallel sind, und deren Wirkung bei Drehung bis 90^0 allmälig bis zur Summe beider Linsen wächst. Verbindet man diese Combination mit einer sphärischen Linse, so kann man dieser alle Grade von Astigmatismus mittheilen. Es zeigt sich dann bei der Untersuchung, dass die Brennstrecke desto ausgedehnter, die Linien, die sie begrenzen, desto länger und die Durchschnitte des Lichtbündels im Verlauf der Brennstrecke um so grösser werden, je stärker die cylindrische Linse ist, d. h. je grösser der Astigmatismus wird. Ist er klein, so erhält man in der Brennstrecke noch hinlänglich gute Bilder, die in dem Maasse, als er grösser wird, in mehr und mehr diffuse übergehen. Sehr schön sieht man unter Benutzung des Sonnenbildes die ganze Form des gebrochenen Lichtbündels in Tabaksrauch.

Sturm behauptete, dass die Brennstrecke, welche die Folge der Asymmetrie ist, jede Accommodation des Auges für verschiedene Entfernungen überflüssig mache. Diese Behauptung bedarf gegenwärtig keiner Widerlegung mehr. Ihre Unhaltbarkeit springt in die Augen, wenn man bedenkt, dass die Brennstrecke des dioptrischen Apparates des Auges viel zu klein sein würde, um das ganze Accommodationsgebiet zu umfassen, und dass, wäre sie gross genug dazu, die Sehschärfe durch die Grösse der Zerstreuungsbilder beträchtlich leiden würde, wie es bei hohen Graden von Astigmatismus wirklich der Fall ist. Aber insofern liegt Sturm's Vorstellung eine Wahrheit zu Grunde, als Objecte, deren Entfernungen vom Auge so wenig verschieden sind, dass ihre Brennstrecken noch ineinander fallen, sich nahezu gleich deutlich darstellen. Die Accommodationslinie Czermack's, welche man mit Unrecht mit der Länge der Stäbchen in Verband bringt, hängt davon ab; sie beruht auf der Asymmetrie des dioptrischen Apparates des Auges und ist eine Function der Länge der Brennstrecke.

Als Effect der Asymmetrie bezeichneten wir es, dass der hintere Brennpunkt im Meridian der stärksten Krümmung am wenigsten, in dem der schwächsten Krümmung am weitesten von der Cornea entfernt ist. Augenscheinlich entspricht dem eine Verschiedenheit in der Lage aller Cardinalpunkte. Bei den hohen Graden von Astigmatismus kommen wir auf diese Thatsache und ihre Folgen für das Sehen zurück.

Wir müssen zum Schluss noch auf die im letzten Hefte vom Arch. f. O. XI, 3, p. 186 erschienene Arbeit von Kaiser „Die Theorie des Astigmatismus“ hinweisen, welche für unser Werk nicht mehr benutzt werden konnte. Dieselbe enthält auf Anregung Knapp's eine elementare Entwicklung des Sturm'schen Lehrsatzes und beschäftigt sich besonders mit dem Antheil, den die Cornea und die Linse für sich an dem Astigmatismus des ganzen Auges haben, sowie mit dem Einfluss, den die Accommodation auf den Linsenastigmatismus nimmt.

§ 35. Symptome und Sehstörungen bei hohen Graden von Astigmatismus.

Wir haben gesehen, dass ein gewisser Grad von regelmässigem Astigmatismus allen Augen zukommt und also nicht als abnorm betrachtet werden kann. Abnorm nennen wir ihn erst, wenn er einen Grad erreicht, bei welchem die Sehschärfe merklich darunter leidet. Bei gleicher Länge der Brennstrecke ist diess um so eher der Fall, je grösser die Pupille ist. Wir nehmen also für die Beobachtungen eine mittlere Grösse der Pupille und volle Beleuchtung an.

1. Die Störung offenbart sich am leichtesten, wenn in einer und derselben Ebene liegende Striche von verschiedener Richtung unterschieden werden sollen. Stehen diese weit auseinander, so regelt sich die Accommodation gewöhnlich fast unwillkührlich, um sie abwechselnd scharf wahrzunehmen, und die Störung kann noch ausbleiben. Stehen sie dicht bei einander, so fallen die Zerstreuungsbilder der einen Richtung über die scharfen Bilder der andern, für welche man accommodirt ist, und es entsteht Verwirrung. Bei den meisten grossen lateinischen Buchstaben geschieht dies bald.

Bei der genauesten Accommodation mit oder ohne sphärische Linsen hat das abnorm astigmatische Auge niemals $S = 1$. Es sinkt nicht selten bis auf $S = {}^1/_5$. Bei $S = {}^1/_2$, ist die Störung bereits sehr hinderlich.

2. Es besteht eine gewisse Gleichgültigkeit gegen ziemlich weit verschiedene Brillengläser. Eine bestimmte Wahl scheint unmöglich zu sein. Gläser von ${}^1/_6$ und von ${}^1/_8$ werden gleich gut gefunden. Bei Herabsetzung der Sehschärfe aus andern Ursachen besteht diese Gleichgültigkeit nicht, oder doch in viel geringerem Grade. Diese Erscheinung liess mich bereits vor längerer Zeit vermuthen, dass die der Hypermetropie häufig zukommende Herabsetzung der Sehschärfe von abnormem Astigmatismus abhängen möge. — Sie erklärt sich durch die lange Brennstrecke, deren Durchschnitte als Zerstreuungsbilder alle nahezu gleich störend sind, und die bei mässig verschiedenen Gläsern leicht sämmtlich in das Bereich der Netzhaut fallen (vergl. p. 382).

3. Das Zerstreuungsbild eines Lichtpunktes verändert sich bei verschiedener Accommodationseinstellung nicht nur in seiner Grösse, sondern auch in seiner Form. Nur wenn die Mitte der Brennstrecke der percipirenden Fläche entspricht, ist das Bild nahezu rund, bei jedem andern Accommodationszustande wird es in der einen oder andern Richtung ausgedehnt. Diess ist, wie wir sahen, schon bei den gewöhnlichen Graden von regelmässigem Astigmatismus der Fall, bei höheren Graden jedoch in besonders auffallender Weise. Man findet hier bald ein sphärisches Glas, womit ein Lichtpunkt in der Entfernung sich als eine Lichtlinie darstellt, und dann ein zweites modificirendes (es sei positiv oder negativ), welches, vor das erste gehalten, dem Lichtstreifen eine gerade entgegengesetzte Richtung ertheilt. Die nöthige Stärke des modificirenden Glases gibt ein Mittel zur Bestimmung des Astigmatismus an die Hand. Die Richtungsveränderung des Lichtstreifens bei abwechselndem Vorhalten und Wiederwegnehmen des Glases sind den Astigmatikern besonders auffallend*). — Wer eine hinreichende Herrschaft

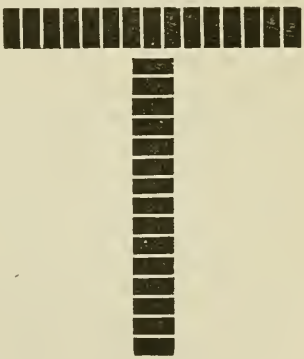
*) Die Streifen folgen der jedesmaligen Kopfhaltung, — ein neuer Beweis, dass der verticale Meridian des Auges dieselbe Stellung annimmt, wie der Kopf, und keineswegs, in Folge einer früher von Hueck angenommenen Drehung um

über seine Accommodation hat, kann, ohne eine modificirende Linse zu gebrauchen, dieselben Formveränderungen des Zerstreuungsbildes willkührlich hervorbringen.

4. Der Einfluss der Richtung von Strichen auf ihre Deutlichkeit ist ungemein gross. Die stärksten Gegensätze zeigen Streifen, welche der Richtung der unter 3. beschriebenen Lichtlinien entsprechen, die selten viel von der verticalen und horizontalen abweichen. Von dem Refractionszustande in den verschiedenen Meridianen hängt es ab, welche von diesen sich in der Entfernung am deutlichsten darstellen; doch macht es keine Schwierigkeiten, ein positives oder negatives sphärisches Glas zu finden, mit welchem entweder die ersteren oder die letzteren scharf gesehen werden: dem entspricht dann die grösste Undeutlichkeit der Striche in der entgegengesetzten Richtung. Es ist nun auch leicht, die modificirende Linse zu finden, mit welcher diese letzteren scharf gesehen werden und die ersteren am Undeutlichsten erscheinen. Die Undeutlichkeit wird desto grösser und die Linse desto stärker sein müssen, je höher der Grad des Astigmatismus ist. — Die abwechselnde Deutlichkeit der Striche entgegengesetzter Richtung beim Vorhalten und Wiederwegnehmen des modificirenden Glases fällt auch bei leichteren Graden bereits stark in die Augen, während solches auf eine Linie, die unter einem Winkel von 45° die beiden entgegengesetzten schneidet, kaum einen Einfluss hat.

5. Bestehen die verschieden gerichteten Streifen aus kurzen Linien, wie in der nebenstehenden Fig. 159, so fliessen dieselben für alle Augen in einer gewissen Entfernung zusammen, und man sieht nur noch den Hauptstreifen. Beim Annähern bemerkt das stark astigmatische Auge die Querlinien viel früher in dem Streifen, der am undeutlichsten gesehen wird, als in dem deutlichsten.

Fig. 159.



6. Linien von gleicher Länge werden in den zwei entgegengesetzten Richtungen nicht gleich lang gesehen, und diess veranlasst eine ungenaue Beurtheilung der Form der Objecte, ein Quadrat erscheint als ein Rechteck.

Hierbei kommen zwei verschiedene Ursachen ins Spiel. Erstens bilden bei genauer Accommodation nach einander für die stehenden und liegenden Linien, die im Meridian der stärksten Krümmung gelegenen (in der Regel die stehenden) bei gleicher Länge längere Netzhautbilder. Die Ursache ist in der Lage der Knotenpunkte, oder besser des zweiten Knotenpunktes, zu suchen. Je weiter dieser Punkt (relativ zum optischen Mittelpunkt) von der Netzhaut entfernt liegt, um so grösser wird das Netzhautbild sein, und da die Ursache des Astigmatismus hauptsächlich in einer Krümmungsverschiedenheit der Hornhautmeridiane zu suchen ist, so liegt der zweite Knotenpunkt im

---

die Sehachse, vertical bleibt. An den Linien des Zerstreuungsbildes eines Lichtpunktes kann man diess ebenfalls wahrnehmen. (Verslagen en Mededeelingen van de Kon. Acad. van Wetenschappen. 1861, D. X. p. 192).

Meridian der stärksten Krümmung weiter nach vorn. Bei starkem Astigmatismus kann dieser Unterschied mehr als 1^{mm} betragen, das ist ungefähr $^1/_{13}$ des Abstandes zwischen dem zweiten Knotenpunkte und der Netzhaut.

In zweiter Reihe kommen die Zerstreuungsbilder dabei in Betracht. Sieht man eine verticale Linie scharf, dann erscheint eine horizontale diffus, sie erscheint breiter. Die oberste und unterste Grenze eines Quadrates können nun als horizontale Linien betrachtet werden; ist man also für die verticalen Grenzlinien eines Quadrates accommodirt, so wird dieses in verticaler Ausdehnung grösser gesehen. Da nun überdiess das scharfe Bild in dieser Richtung im Verhältnisse zum Lagenunterschied der Knotenpunkte bereits grösser ist, als in der horizontalen, so muss bei Accommodation für die verticalen Grenzlinien eines Vierecks dieses aus doppelten Gründen höher erscheinen, und der Unterschied zwischen Höhe und Breite wird daher ansehnlich. Bei Accommodation für die horizontalen Grenzlinien dagegen erscheint das Quadrat breiter, und hierdurch kann die Wirkung des Lagenunterschiedes der Knotenpunkte compensirt werden. — Der hier beschriebene Effect der Lichtzerstreuung gilt für das Sehen eines weiss auf schwarzem Grunde gezeichneten Quadrates und kehrt sich um bei einem auf hellem Grunde dunkel gezeichneten Viereck.

7. Die Sehschärfe verbessert sich ansehnlich beim Sehen durch eine Spalte von 1 bis 2^{mm}. Man benutze zu diesem Versuche den stenopaeischen Apparat, dessen Schlitz man nach Belieben verengern und erweitern kann (p. 110). Die Verbesserung ist am grössten, wenn die Spalte in der Lage des Krümmungs-Maximum oder Minimum gehalten wird, welche man aus der Richtung, in welcher das Zerstreuungsbild eines Lichtpunktes verlängert erscheint, kennen gelernt hat. Die Spalte fällt dann mit einem Hauptschnitt zusammen, der durch zwei Achsen des Ellipsoids geht. — Die Verbesserung der Sehschärfe beim Sehen durch eine Spalte ist eine Erscheinung von grosser Wichtigkeit. Sie liefert den directen Beweis, dass Strahlen, die im Meridian eines Hauptschnittes gebrochen werden, sich nahezu in einem Punkte vereinigen, und dass also die bestehende Sehstörung von Asymmetrie abhängig sein muss. Was noch mehr ist, man kann auf diesem Wege mit Hülfe sphärischer Gläser den Refractionszustand im Meridian der stärksten und schwächsten Krümmung bestimmen, wie im folgenden Abschnitt näher erklärt werden soll.

Lehrreich ist es auch, dass beim Sehen durch einen Schlitz, welcher nicht mit einem der Hauptschnitte zusammenfällt, die Objecte verzogen erscheinen, theils weil leicht noch Zerstreuungskreise übrig bleiben, die in der Richtung der Spalte verlängert sind, theils weil die Normalen eines Meridians, der nur durch eine Achse gelegt ist, nicht alle in derselben Ebene liegen, und daher auch die gebrochenen Strahlen nicht alle in einer Ebene bleiben.

8. Sehr eigenthümlich sind bei hohen Graden von Astigmatismus die Erscheinungen der Farbenzerstreuung. Helmholtz*) bemerkt, dass im Allgemeinen die Erscheinungen der Farbenzerstreuung viel deutlicher auftreten, wenn man statt weissen Lichtes bei der Untersuchung solches Licht anwendet, welches nur aus zwei prismatischen Farben von möglichst verschiedener Brechbarkeit besteht. Auf die einfachste Weise erhält man solches

*) Physiolog. Optik. p. 126.

Licht, wenn man Sonnenlicht durch dunkel violette Gläser gehen lässt. Solche Gläser absorbiren die mittleren Strahlen des Spectrums fast vollkommen und lassen nur die äussersten Farben, Roth und Violett, durch. Experimentirt man mit dem Licht einer Lampe oder einer Wachskerze, so ist ein dunkelblaues Kobaltglas, welches nur das äusserste Roth nebst Indigoblau und Violett in grosser Quantität durchlässt, durchaus genügend. Eine mehr oder weniger violette Färbung ist aber auch hierbei noch vorzuziehen. Ein vortreffliches dickes Stück Glas dieser Art sah ich bei Dove; die Gläser, die ich mir bisher verschaffen konnte, blieben alle dahinter zurück. Sieht man bei leichter Myopie (oder bei Accommodation für einen nahe gelegenen Punkt) durch ein solches Kobaltglas nach einer Kerzenflamme, so sind ihre Ränder blau und die Mitte röthlich; bei leichter Hypermetropie zeigt das Licht einen schön rothen Rand und ist in der Mitte blau*). Betrachtet man durch ein violettes Glas eine kleine dem Tageslicht zugekehrte Oeffnung in einem dunklen Schirm, so sieht man bei Accommodation für die violetten Strahlen die Oeffnung von einem rothen, bei Accommodation für die rothen von einem violetten Saum umgeben: im letzteren Falle waren im Netzhautbilde die violetten Strahlen noch nicht zur Vereinigung gekommen, im ersteren die rothen bereits überkreuzt und lagen daher an der Aussenseite; eine viereckige Oeffnung ist auf dieselbe Weise umsäumt. Sieht dagegen ein Astigmatiker eine solche Oeffnung so scharf wie möglich, und kommen beim Vorlegen eines violetten Glases vor sein Auge, am obern und untern Rande blaue, an den beiden verticalen Rändern rothe Säume zum Vorschein, so ist er myopisch im verticalen, hypermetropisch im horizontalen Meridian. Sieht er den Lichtpunkt zu einer Linie verzogen, so sind die Enden und die Mitte der Linie von verschiedener Farbe, und bei Richtungsveränderung der Lichtlinie durch die modificirende Linse wechseln auch die Farben.

Alle obigen Erscheinungen kann man an sich selbst beobachten. Man braucht nur das Auge astigmatisch zu machen, indem man eine cylindrische Linse davor hält. Am besten richtet man, wenn die Cylinderlinse positiv ist, die Krümmungsachse horizontal, wenn sie negativ ist, vertical: man hat dann in seinem Auge die kürzeste Brennweite im verticalen Meridian, ebenso wie die meisten Astigmatiker. Ein Cylinderglas von $^1/_{20}$ oder $-\,^1/_{20}$ (20″ positiver oder negativer Brennweite) ist dazu genügend. Man kann damit, durch Zuhülfenahme sphärischer Gläser, jeden Grad von Ametropie verbinden, immer bleibt (abgesehen von der ursprünglich bestehenden Asymmetrie) der Astigmatismus $= {}^1/_{20}$. Um einen einfachen und häufig vorkommenden Fall an sich selbst zu erhalten, mache man den horizontalen Meridian hypermetropisch, bei Emmetropie des verticalen. Wer emmetropisch ist, braucht dazu nur eine cylindrische Linse von $-\,^1/_{20}$ mit der Achse des Cylinders lothrecht vor das Auge zu halten. Nützlich ist es indessen, nachher auch mit in beiden Meridianen künstlich hervorgebrachter Ametropie zu experimentiren.

---

*) Geringe Grade von Ametropie sind auf diese Weise sogleich zu erkennen. Bei hohen Graden werden die Zerstreuungsbilder zu gross für eine deutliche Auffassung des Farbenunterschiedes.

Es wäre überflüssig, für die anzustellenden Versuche noch nähere Anweisungen zu geben. Alle oben beschriebenen Erscheinungen wird man ohne Mühe wiederfinden. Nur zwei Bemerkungen mögen noch Platz finden: die Farbenzerstreuung schien mir bei künstlichem Astigmatismus grösser zu sein, als beim natürlichen, und auch der Grössenunterschied der Netzhautbilder in den beiden Meridianen ist beträchtlicher. Die Erklärung der ersteren Thatsache würde mich zu weit führen. Die Ursache der letzteren liegt auf der Hand: die cylindrische Linse befindet sich nämlich in einiger Entfernung von der Hornhaut und ihre Wirkung übt hier einen grösseren Einfluss auf die Lage des hinteren Knotenpunktes aus, als wenn durch Veränderung des Hornhautradius der hintere Brennpunkt seine Lage ebenfalls verändert hat. Man sieht daher die Gegenstände noch mehr verzogen, als bei natürlichem Astigmatismus gleichen Grades.

Bei Vorhandensein von regelmässigem Astigmatismus ist es zur Beantwortung einer Anzahl von Fragen nothwendig, in den beiden Hauptmeridianen die Cardinalpunkte zu bestimmen, als ob sie zwei verschiedenen Systemen angehörten. Wir wollen diess im Folgenden für einen bestimmten Fall unternehmen. Wir nehmen dabei an, der Grund des Astigmatismus liege ausschliesslich in der Cornea, deren Krümmungsradius im verticalen Meridian, was nicht selten der Fall ist, um 1mm kleiner wäre, als im horizontalen. Dazu benutzen wir, um uns an einen bestimmten Fall zu halten, den Fall Nr. 6 der Tabelle auf pag. 414, bei welchem der Radius in der verticalen Ebene 7·38, in der horizontalen 8·38mm beträgt. Der Durchschnitt in der verticalen Ebene sei V, in der horizontalen H.

Für die brechende Fläche der Hornhaut allein sind die Cardinalpunkte leicht zu bestimmen: der Hauptpunkt h liegt im Scheitel der Krümmungsebene, der Knotenpunkt k im Krümmungsmittelpunkt des Scheitels (7·38, resp. 8·38mm hinter demselben), während die Lage des vorderen Brennpunktes φ' und des hinteren Brennpunktes φ'' berechnet werden kann nach den Formeln

$$h\varphi' \text{ oder } F' = \frac{r}{n-1}$$

$$h\varphi'' \text{ oder } F'' = \frac{rn}{n-1},$$

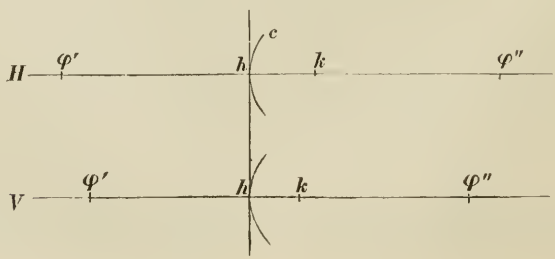
wobei man, $n = 1{\cdot}3365$ angenommen, findet

$$\text{für } H \begin{cases} F' = 24{\cdot}90 \\ F'' = 33{\cdot}28 \end{cases}$$

$$\text{für } V \begin{cases} F' = 21{\cdot}93 \\ F'' = 29{\cdot}31. \end{cases}$$

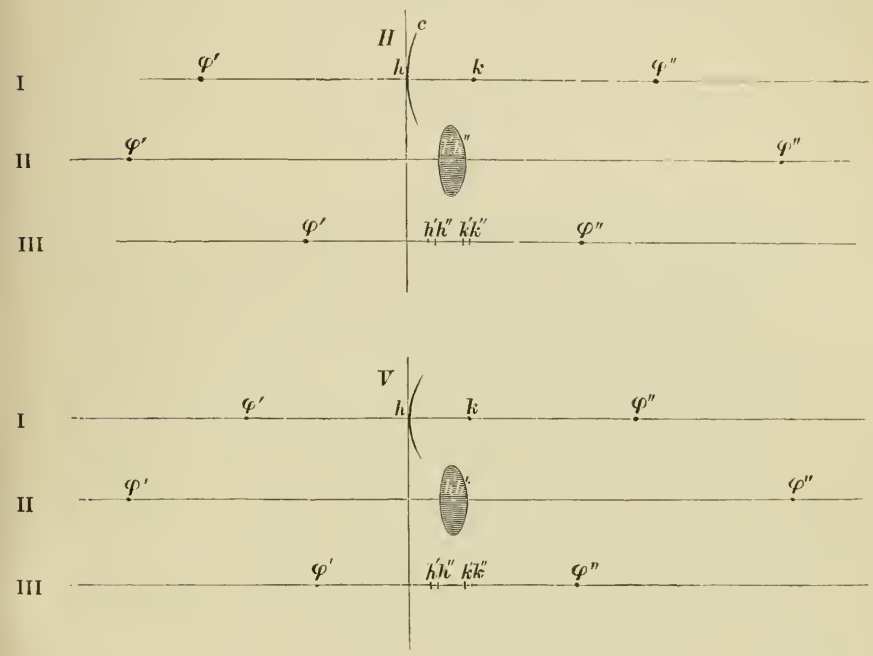
Damit sind die Entfernungen $h\varphi'$ und $h\varphi''$ bestimmt. In Fig. 160 (worin c die Cornea) ist nun die gefundene Lage der Cardinalpunkte angegeben.

Fig. 160.



Eine einfache, auf pag. 389 angegebene Rechnung lehrt, dass in diesem Falle eine mit vertical gestelltem Meridian unmittelbar auf der Cornea liegende, unendlich dünne cylindrische Linse von $\frac{1}{6{\cdot}8}$ die Cardinalpunkte in beiden Meridianen zusammenfallen lassen würde.

Fig. 161.



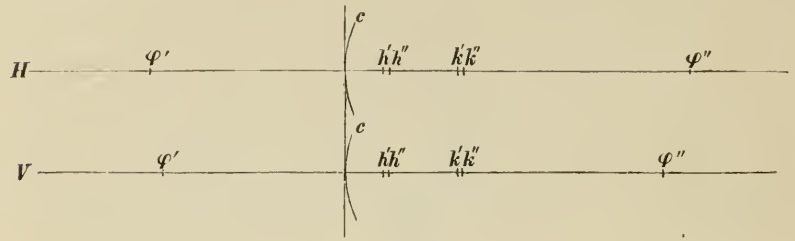
Mit dieser Cornea verbinden wir nun eine symmetrische Krystalllinse (die des ruhenden schematischen Auges von Helmholtz), deren Brennweite = 43·707mm, gegenseitiger Abstand ihrer beiden Hauptpunkte = 0·2283 und Abstand dieser Hauptpunkte vom Hornhautscheitel = 5·7073 und 5·9356. Die Berechnung dieses combinirten Systemes gibt nun für die Lage der Cardinalpunkte, vom Hornhautscheitel an gerechnet, in den beiden Hauptmeridianen *H* und *V* folgende Resultate:

		H.	*V.*
Vorderer Brennpunkt	φ'	— 13·2743	— 12·2967
Erster Hauptpunkt	h'	1·9937	1·9443
Zweiter Hauptpunkt	h''	2·4359	2·2297
Erster Knotenpunkt	k'	7·1321	6·7359
Zweiter Knotenpunkt	k''	7·5743	7·0213
Hinterer Brennpunkt	φ''	22·8423	21·2623.
Folglich ist			
die hintere Brennweite	$F'' = h''\,\varphi''$	20·4064	19·0326
die vordere „	$F' = h'\,\varphi'$	15·268	14·241.

Fig. 161 stellt diese Systeme anschaulich dar, indem sie für *H* und *V* angibt:
I. Die Cardinalpunkte der Cornea;
II. Die der Krystalllinse;
III. Den vereinigten dioptrischen Apparat.

Fig. 162 gibt Nr. III von *H* und *V* der besseren Vergleichung wegen in doppelter Grösse untereinander gesetzt.

Fig. 162.



Die Kenntniss der Cardinalpunkte setzt uns in den Stand, das Sehen der Astigmatiker in mehr als einer Hinsicht näher zu untersuchen.

Was zunächst die Sehschärfe anlangt, so liegt φ'' in *H* 1·58mm hinter φ'' von *V*. Sind also Lichtstrahlen, welche von einem gegebenen Punkte ausgehen, in *V* zur Vereinigung gekommen, so sind sie in *H* noch 1·58mm von ihrem Vereinigungspunkt entfernt. Es ist klar, dass die Sehschärfe darunter sehr leiden muss. Eine genauere Vorstellung hierüber gewinnt man aus der Grösse der Zerstreuungsbilder. Wir haben sie (vergl. die Methode von Helmholtz, l. c. p. 98) bei einer mittleren Pupillenweite von 4mm (entsprechend der Grösse ihres Linsenbildes von 4·23) und bei einer Lage der Pupillarebene von 3·6mm (Lage des Linsenbildes 3·713) hinter dem Hornhautscheitel berechnet. Liegt die Netzhaut in φ'' von *V* 21·26mm hinter der Hornhaut, dann kommen parallel auffallende Strahlen, welche in *V* gebrochen werden, auf der Netzhaut zur Vereinigung, während die in *H* gebrochenen schon 1·58mm vor ihrem Vereinigungspunkt die Netzhaut erreichen. Für ihr Zerstreuungsbild auf der Netzhaut fanden wir eine Länge von 0·3494mm, was in diesem Meridian einem Gesichtswinkel von 1° 24·2′ entspricht.

Liegt die Netzhaut in φ'' von *H* 22·1423 hinter der Hornhaut, so haben die in *V* convergirenden Strahlen sich bereits 1·58mm vor der Netzhaut gekreuzt, und bei der oben angegebenen Lage und Weite der Pupille misst nun das Zerstreuungsbild = 0·3808, was in diesem Meridian einem Sehwinkel von 1° 25·7′ entspricht.

Liegt endlich die Netzhaut 22·018mm hinter dem Hornhautscheitel, so sind die linearen Zerstreuungsbilder in *V* und *H* gleich und zwar 0·18222mm gross. Bei dieser Lage fängt also die Netzhaut den Theil der Brennstrecke auf, in welchem das Zerstreuungsbild nahezu kreisrund ist. Der Durchmesser desselben erscheint im horizontalen Meridian unter einem Winkel von 41·8′, im verticalen unter einem Winkel von 43·4′. Bedenkt man, dass bei vollkommener Sehschärfe Buchstaben unter einem Winkel von 5′ erkannt werden, so bekommt man eine Vorstellung, in wie hohem Maasse die genannten Zerstreuungskreise der Sehschärfe Abbruch thun müssen.

Einen noch bessern Vergleich erhalten wir durch Berechnung der Accommodation, welche verwendet werden muss, damit in *H* φ'' da zu liegen komme, wo bei Accommodationsruhe φ'' in *V* sich befindet, mit andern Worten, um abwechselnd im horizontalen und verticalen Meridian scharf zu sehen.

Wir denken uns das Auge emmetropisch in *V* (wo die Netzhaut 21·2623mm hinter dem Hornhautscheitel liegt) und folglich hypermetropisch in *H*, und finden dass diesen Grad von Hypermetropie eine in der Luft stehende Linse von 176·8mm = 6·53″ Brennweite, deren Knotenpunkt mit k' von *H* zusammenfiele, neutralisiren würde; wir hätten also eine Hypermetropie von $\frac{1}{6\cdot53}$, welche durch eine Accommodation von $\frac{1}{6\cdot53}$ aufgehoben werden würde. Nun findet aber

nothwendigerweise dieselbe Accommodation ebenso gut in V statt, wobei für diese Ebene $F' = 12{\cdot}857^{mm}$, $F'' = 17{\cdot}183^{mm}$ wird, und horizontale Linien in $176{\cdot}8^{mm} = 6{\cdot}53''$ Entfernung scharf gesehen werden. Während also durch eine Accommodation von $\frac{1}{6{\cdot}53}$ H emmetropisch wird, nimmt V eine Myopie von $\frac{1}{6{\cdot}53}$ an.

Hieraus kann man ableiten, dass bei einer Accommodation von ungefähr $^1/_{13}$ die Netzhaut sich in der Mitte der Brennstrecke befinden wird, wobei das Zerstreuungsbild ein Zerstreuungskreis von ungefähr derselben Grösse ist, wie ihn ein symmetrisches, für ∞ accommodirtes Auge von einem 13″ vor dem Auge gelegenen Object wahrnimmt, oder, auf 13″ accommodirt, von einem unendlich entfernten Gegenstand sieht. Man kann dadurch, dass man bei Betrachtung entfernter Objecte das Auge durch Gläser $^1/_{13}$ myopisch oder hypermetropisch macht (und im letzteren Fall sich jeder Accommodationsanspannung enthält), die von den Zerstreuungskreisen abhängige Sehstörung an sich selbst beobachten. Sie scheint indessen, auf diese Weise hergestellt, etwas grösser zu sein, als bei den Astigmatikern, was wohl zum Theil davon abhängt, dass diese durch einiges Accommodationsspiel die Formen der Zerstreuungsbilder ändern können und die daher abwechselnd deutlicher wahrgenommenen verticalen und horizontalen Linien combiniren; auch ist in den Zerstreuungsbildern der Astigmatiker das Licht weniger gleichmässig vertheilt und zwar vortheilhafter für den hintern Theil der Brennstrecke. Uebrigens scheint es mir, dass im Allgemeinen die Zerstreuungsbilder wegen ihrer Discontinuität (in Folge des unregelmässigen Astigmatismus der Krystalllinse) weniger stören, als der Fall sein würde, wenn sie gleichartig wären.

Wie oben bemerkt, sind die Netzhautbilder für gleiche Dimensionen der Objecte in horizontaler und verticaler Richtung nicht von gleicher Grösse. Entspricht nun die Projection in allen Meridianen der Grösse des Netzhautbildes (was aber nicht genau festgestellt ist), so werden gleiche Dimensionen der Objecte in den entgegengesetzten Meridianen nicht gleich gross gesehen. Die Grösse der Netzhautbilder ist nun bei der erhaltenen Kenntniss der Lage der Cardinalpunkte sehr wohl vergleichbar. Da die Entfernung der Objecte, im Vergleich mit dem Abstand der Knotenpunkte von einander und der Entfernung $k''\ \varphi''$, sehr beträchtlich ist, so kann man annehmen, dass die Grösse der Netzhautbilder bei abwechselnder Accommodation in den beiden Hauptmeridianen den Entfernungen $k''\ \varphi''$ in H und V proportional ist. Vorausgesetzt, dass die Netzhaut $22{\cdot}8432^{mm}$ hinter der Hornhaut liegt, sind die Abstände $k''\ \varphi''$ in den beiden Systemen 14·241 und 15·268, mithin $= 1 : 1{\cdot}0721$. Dabei ist angenommen, dass k'' bei der Accommodation an seiner Stelle bleibt, was zwar nicht ganz genau ist, aber doch keinen irgend bedeutenden Fehler verursacht. Es zeigt sich also, dass der Unterschied in der Grösse der Netzhautbilder in den beiden Hauptmeridianen für gleich weit entfernte Objecte bei genauer Accommodation ganz ansehnlich ist. Dass sich hiermit nun noch Grössenveränderungen durch die Zerstreuungsbilder verbinden können (welche den Unterschied compensiren oder vermehren), wurde oben bereits genügend auseinandergesetzt.

§ 36. Diagnose des abnormen Astigmatismus und Bestimmung seines Grades.

Die Erscheinungen, von welchen der vorhergehende Paragraph eine Uebersicht gab, geben bereits den Schlüssel zur Diagnose des Astigmatismus und selbst zur Bestimmung seines Grades. Es schien mir jedoch trotzdem nicht überflüssig, die daraus abzuleitenden Untersuchungsmethoden hinsichtlich ihres Werthes und ihrer Brauchbarkeit zu prüfen und den Weg anzuzeigen, welcher bequem und sicher zu einer erschöpfenden Diagnose führt.

Die subjective Untersuchung tritt bei der Anomalie, mit welcher wir uns beschäftigen, in den Vordergrund. In dem Verhalten der Sehschärfe unter verschiedenen Bedingungen finden wir den gewünschten Aufschluss. Desshalb handeln wir über diese an erster Stelle. Endlich soll noch kurz auf die objectiven Zeichen hingewiesen werden, welche das Vorhandensein von Astigmatismus vermuthen oder selbst mit Sicherheit erkennen lassen.

A. Subjective Untersuchung. — Die erste Hinweisung liefert uns das Fehlen der normalen Sehschärfe. Besteht dieser Fehler von Jugend auf, fast unverändert und in gleichem Grade, ohne in die Augen springende Ursache, so ist zu vermuthen, dass Astigmatismus die Ursache sei. Es ist sogar eine Ausnahme, diese Vermuthung durch die Untersuchung Lügen gestraft zu finden. Wenn man will, kann man nun noch ein paar Fragen stellen über die Deutlichkeit von horizontalen und verticalen Linien bei grösserer oder geringerer Kopfneigung; man verliere indessen nicht viel Zeit damit, sondern gehe zur systematischen Untersuchung über.

1. Bei jeder Herabsetzung der Sehschärfe fängt man damit an, den Grad derselben zu bestimmen (vergl. p. 159). Es verdient bemerkt zu werden, dass bei hohen Graden von Myopie aus mehr als einer Ursache gewöhnlich keine vollkommene Sehschärfe gefunden wird. Ein gewisser Grad von Unvollkommenheit gibt daher bei Myopie weniger Grund, abnormen Astigmatismus zu vermuthen. Es werde gleichwohl untersucht.

2. Es sei also unvollkommene Sehschärfe gefunden. Zuerst bestimme man nun, in welcher Richtung die Hauptmeridiane, d. h. das Maximum und Minimum der Krümmung, gelegen sind. Dazu dient ein entfernter Lichtpunkt. In meinem Consultationszimmer ist eine der Fensterscheiben von mattem Glas; davor befindet sich ein schwarzes Brettchen von 35 Cm. im Quadrat und in der Mitte desselben ein durchbohrtes metallenes Plättchen mit einem verschiebbaren Diaphragma, mit Oeffnungen von $^1/_2$ bis 10^{mm} Durchmesser. Nach einer Oeffnung von 2 bis 4 Millimeter lasse man auf 10′ bis 15′ Abstand sehen, während man durch Gläser eine leichte Myopie mit Hypermetropie abwechseln lässt (vergl. p. 397). Selbst im normalen Auge wird dabei gewöhnlich eine Verlängerung des Zerstreuungsbildes in zwei entgegengesetzten Richtungen wahrgenommen, welche Maximum und Minimum der Krümmung anzeigen. Bei abnormem Astigmatismus springt diess aber besonders deutlich ins Auge. Später fand ich, dass man ein noch besseres Resultat erhält, wenn man bestimmt, bei welcher Richtung der Achse des am besten corrigirenden Cylinderglases der Patient am besten sieht.

3. Kennt man so die Richtung der Hauptmeridiane, so untersuche man, ob die zu denselben gehörenden Strahlen schärfere Bilder liefern, als die der gesammten brechenden Fläche. Zu diesem Zweck halte man abwechselnd in jeden Hauptmeridian die $1 - 2^{mm}$ breite Spalte eines stenopaeischen Apparates und untersuche nun, ob dabei die Sehschärfe zunimmt. Ist diess nicht der Fall, so nehme man gewöhnliche sphärische Linsen zu Hülfe, zu deren Anwendung man bereits durch die unter 1. angegebene Untersuchung veranlasst wurde. Ist auch mit Hülfe dieser keine grössere Sehschärfe zu erzielen, als ohne Anwendung der stenopaeischen Spalte bestand, so ist es beinahe gewiss, dass nicht Astigmatismus als Ursache der Sehstörung anzusehen ist. Ist dieselbe jedoch gering, beträgt die Seh-

schärfe z. B. noch $^3/_4$, so kann, einestheils weil das Sehen durch einen Schlitz schon an sich einige Störung verursacht, anderntheils weil der Astigmatismus bei dieser Untersuchung doch auch nicht vollständig aufgehoben wird, das Resultat dennoch unsicher sein.

4. Man finde Verbesserung der Sehschärfe; damit ist das Bestehen von abnormem Astigmatismus erwiesen. Nun fragt es sich: welcher Refractionszustand ist in jedem der Hauptmeridiane vorhanden? Diess ergibt sich aus der Stärke des positiven oder negativen Glases, womit in jedem dieser Meridiane die grösste Sehschärfe erhalten wird. Meistens findet man für beide Hauptmeridiane einen gewissen Grad von Ametropie. Es ist nun von Wichtigkeit, diesen Grad genau zu bestimmen. Mit dieser Bestimmung ist unser Zweck erreicht; in ihr ist der Grad des Astigmatismus enthalten. Diese Bestimmung bietet nun keine Schwierigkeiten, wenn in beiden Hauptmeridianen ein gewisser Grad von Myopie besteht: das schwächste negative Glas, womit die grösste Sehschärfe erhalten wird, ist dafür ein ganz genügender Maassstab. Findet man aber in einem oder in beiden Meridianen Hypermetropie, so ist es, wenigstens bei jugendlichen Individuen, wahrscheinlich, dass dieser Grad bei einfacher Untersuchung nicht genau angegeben wird. Unwillkührliche, beinahe krampfhafte Anspannung der Accommodation verbirgt nämlich einen Theil der bestehenden Hypermetropie und gibt Anlass, dass für die Correction ein zu schwaches positives Glas angegeben wird. Bliebe sich die Accommodationsspannung im Verlauf der Untersuchung in beiden Hauptmeridianen gleich, so würde wenigstens die Differenz im Brechungszustande und damit der Grad des Astigmatismus bekannt werden. Aber diese Gleichheit der Accommodationsspannung ist nicht zu erwarten. Ueberdiess genügt es nicht, den Grad des Astigmatismus, sondern es ist nothwendig, in beiden Hauptmeridianen den der Hypermetropie zu kennen. Diese Kenntniss wird erst dann sicher und genau erhalten, wenn man die Untersuchung bei künstlicher Accommodationsparalyse durch ein Mydriaticum anstellt. Die Hypermetropie kann dann weder ganz, noch zum Theil latent bleiben; sie erscheint nothwendig ganz, und als manifeste Hypermetropie.

5. In Bezug auf den Astigmatismus verlangen wir zu kennen: —

a) sein Bestehen;

b) die Richtung der Hauptmeridiane, die des Maximums und Minimums des Brechungszustandes;

c) den Refractionszustand des Auges in jedem dieser Meridiane;

d) den Grad des Astigmatismus.

Ueber *a*) und *b*) erhalten wir Aufschluss unter 3., über *c*) unter 4. Es bleibt noch übrig anzugeben, wie daraus *d*) abzuleiten ist. Die Sache ist einfach: der Grad des Astigmatismus ergibt sich aus der Differenz des Brechungszustandes in den beiden Hauptmeridianen. Diess soll zugleich mit den drei Formen von Astigmatismus, welche wir in Bezug auf den Refractionszustand aufstellen zu müssen glauben durch einige Beispiele erläutert werden.

I. Myopischer Astigmatismus zu unterscheiden als:

a) Einfacher *Am* (myopischer Astigmatismus), mit Myopie in dem dem andern Meridian.

Es sei:
im Hauptmeridian H, Emmetropie,
„ „ V, $M = {}^1/_6$,
dann besteht einfacher myopischer Astigmatismus

$$Am = \frac{1}{6} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{6}.$$

b) Zusammengesetzter myopischer Astigmatismus, oder Myopie mit Astigmatismus, $M + Am$, wobei M in beiden Hauptmeridianen.

Es sei:
im Hauptmeridian H, $M = {}^1/_{20}$
„ „ V, $M = {}^1/_{10}$,
dann besteht $M = {}^1/_{20}$
und ausserdem $Am = {}^1/_{10} - {}^1/_{20} = {}^1/_{20}$, zu schreiben als:

$$M = {}^1/_{20} + Am\ {}^1/_{20}.$$

II. Hypermetropischer Astigmatismus, ebenfalls zu unterscheiden als:

a) Einfacher Ah, mit H in dem einen, E im andern Hauptmeridian.
In V sei E.
In H sei $H = {}^1/_8$,
dann besteht einfacher hypermetropischer Astigmatismus

$$Ah = \frac{1}{8} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{8}.$$

b) Zusammengesetzter, H mit Astigmatismus, $H + Ah$, wobei H in beiden Hauptmeridianen.
In H sei $H = {}^1/_6$.
In V sei $H = {}^1/_{18}$.
So finden wir $H = {}^1/_{18}$,
und überdem $Ah = {}^1/_6 - {}^1/_{18} = {}^1/_9$,
und schreiben daher

$$H\ {}^1/_{18} + Ah\ {}^1/_9.$$

III. Gemischter Astigmatismus, mit M in dem einen, H in dem andern Meridian.

Man kann hiervon zwei Formen unterscheiden:

a) Gemischter Astigmatismus, mit überwiegender Myopie Amh.
In V sei $M = {}^1/_{12}$.
In H sei $H = {}^1/_{24}$.
So finden wir

$$Amh = M\ {}^1/_{12} + H\ {}^1/_{24} = {}^1/_8.$$

b) Gemischter Astigmatismus, mit überwiegender Hypermetropie Ahm.
In V sei $M = {}^1/_{24}$.
In H sei $H = {}^1/_{12}$.
Dann ist:

$$Ahm = {}^1/_{24}\ M + {}^1/_{12}\ H = {}^1/_8.$$

Das Obenstehende ist im Allgemeinen genügend zur Erkennung und Bestimmung des Grades des Astigmatismus. Die Methode empfiehlt sich durch Einfachheit und Bequemlichkeit der Anwendung. Sie verdient in der Regel

den Vorzug vor allen andern sogleich zu beschreibenden. Jedoch werde die unter 9. angegebene Controle nicht unterlassen. Diese ist eigentlich nichts weiter, als die Probe, ob die Gläser, welche die Untersuchung unter 4. an die Hand gab, wirklich zweckdienlich sind. Geschieht die Controle genau, so kann, selbst beim Vorhandensein von Hypermetropie, die Untersuchung bei künstlicher Accommodationsparalyse meistentheils unterbleiben.

Die ferner zu beschreibenden Methoden kommen nur in besonderen Fällen zur Anwendung. Wir dürfen sie indessen nicht mit Stillschweigen übergehen, am wenigsten die Methode von Stokes, welche schon ihrer Scharfsinnigkeit wegen gekannt zu werden verdient, und auch in manchen Fällen gute Dienste thut. Sie gibt sicher, zur Controle angewendet, den genauesten Aufschluss.

6. Modificirte Methode von Young. — Young bestimmte die Entfernung, in welcher bei Accommodation für den Fernpunkt die Doppelbilder des Drahtes in seinem Optometer bei verticaler und bei horizontaler Haltung überkreuzt erschienen. Die Methode kann bei Myopie angewandt werden, liefert aber ein zu hohes Resultat. Auch müssten zuvor, auf die unter 2. angegebene Weise, die Richtungen der Hauptmeridiane gefunden sein, um danach zu bestimmen, bei welcher Haltung des Optometers die Beobachtung anzustellen ist. Auch bei Nicht-Myopen kann man das Optometer anwenden und zwar zur Bestimmung des Nahepunktes in beiden Hauptmeridianen. Hierbei lasse man nicht, wie mit Youngs Optometer, durch eine doppelte Spalte, sondern ganz frei sehen und benutze als Object einen Ring mit hindurchgezogenen Drähten, denen man durch Drehung des Ringes in einem zweiten äusseren Ring nach einander die Richtung der beiden Hauptmeridiane gibt.

Die Methode ist nicht sehr genau, aber sie ist in so fern wichtig, als sie das beinahe unveränderte Fortbestehen des Astigmatismus bei Accommodation für die Nähe nachweist.

7. Methode von Airy. — Diese findet nur Anwendung beim Vorhandensein eines hohen Grades von Myopie in den beiden Hauptmeridianen, was denn auch bei Airy der Fall war. Als Lichtpunkt benutze man eine kleine, dem Himmel oder einem matten Glase oder der Glocke einer Lampe zugekehrte Oeffnung in einem dunkeln Schirm, welcher auf einem getheilten Maassstab, z. B. auf dem eines Optometers, beweglich ist. Man findet dabei eine grösste Entfernung, in welcher der Lichtpunkt sich als schmalster Streifen darstellt, und eine kleinste Entfernung, in welcher er wieder zu einer dünnen, senkrecht auf die erstere gerichteten Linie wird. Die Entfernungen geben dann ungefähr die Grade der Myopie in den beiden Hauptmeridianen an.

Will man diese oder die vorige Methode bei Nicht-Myopen anwenden, so muss man durch ein passendes Convexglas das Auge myopisch machen, wobei jedoch die Schwierigkeit entsteht, dass, wenn die Achse der Linse nicht vollständig mit der Sehachse zusammenfällt, der Astigmatismus eine Veränderung erleidet.

Ausserdem muss in beiden Fällen die Accommodation in Ruhe bleiben. Dieser Anforderung kann nun fast niemals genügt werden, und desshalb führt diese Methode meistens zu wenig sicheren Resultaten.

8. Modificirte Methode von Airy.— Um der letzteren Schwierigkeit zu begegnen, kann man durch ein Mydriaticum die Accommodation paralysiren. Bei starker Myopie gibt dann die Methode von Airy ganz gute Resultate. Besteht aber keine oder nur geringe Myopie, so verdient ein entfernter Lichtpunkt den Vorzug. Man vermeidet dabei die mit dem Gebrauch von starken Linsen verbundenen Schwierigkeiten. Um ein schärferes Resultat zu erhalten, gebrauchte ich einen sehr kleinen Lichtpunkt, welcher durch den Reflex einer kleinen hellen Oeffnung in einem Convexspiegel erhalten wurde. In einigen Fällen wurde dann hinreichend scharf angegeben, mit welchen sphärischen Gläsern der Lichtpunkt sich nach einander in zwei entgegengesetzten Richtungen als schmalstes Streifchen zeigte. Meistens dagegen liess das Resultat zu wünschen übrig. Die Ursache davon liegt im unregelmässigen Astigmatismus, welcher einfache Linien als Zerstreuungsbilder unmöglich macht. Gewöhnlich schossen schon bald, selbst ehe die Hauptlinie schmal geworden war, in verschiedenen Richtungen Nebenlinien an, welche eine genaue Bestimmung des erforderlichen Glases verhinderten. Nur bei Abwesenheit der Linse, womit der unregelmässige Astigmatismus aufgehoben war, erreichten die Resultate eine vollkommene Schärfe.

Statt eines sehr kleinen reflectirten Lichtpunktes kann man eine Oeffnung von 1 bis 2^{mm} Durchmesser anwenden, wie sie mittelst der p. 404 beschriebenen Vorrichtung herzustellen ist. Die Fälle von Aphakie ausgenommen, stehen die damit erhaltenen Resultate denen nicht nach, bei welchen der reflectirte Lichtpunkt gebraucht wurde.

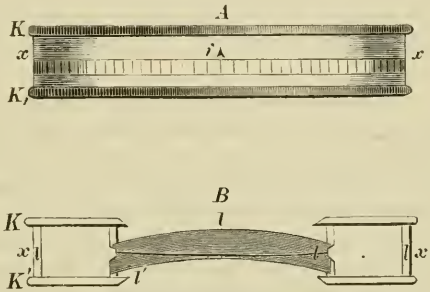
9. Untersuchung mit cylindrischen Linsen. — Während Buchstaben auf Entfernung ohne oder mit dem am besten befundenen sphärischen Glase so deutlich wie möglich gesehen werden, dreht man ein positiv cylindrisches Glas von ungefähr $^1/_{30}$ vor dem Auge rundherum. Besteht Astigmatismus, so bemerkt man bei einem bestimmten Stande des Glases (während die Krümmung des cylindrischen Glases mit dem Meridian der stärksten Krümmung zusammenfällt), dass die Sehschärfe stark abnimmt, bei einer darauf lothrechten Stellung dagegen zunimmt. Manchmal wird nun die Sehschärfe durch das Annähern des Objectes noch grösser: das cylindrische Glas kann beim Corrigiren des Astigmatismus das Auge myopisch gemacht haben. Man kann nun ferner untersuchen, bei welcher Stärke des immer in der vortheilhaftesten Stellung gehaltenen cylindrischen Glases die grösste Sehschärfe erhalten wird, was auch stets bei verschiedener Entfernung der Buchstaben und bei Combination mit sphärischen Gläsern geprüft werden muss. Indem man systematisch die verschiedenen Combinationen nach einander versucht, erhält man dann endlich, freilich mit Aufopferung vieler Zeit, ein ziemlich brauchbares Resultat.

Obwohl an und für sich anfechtbar, ist die Untersuchung mit cylindrischen Gläsern doch sehr geeignet zur Controle der Resultate, die man auf die unter 4. beschriebene Weise erhalten hat. Diese lehrte, welche Combination sphärischer und cylindrischer Gläser die grösste Sehschärfe erwarten lässt, und die Probe darauf, so wie Vergleiche bei kleinen Modificationen der Linsen, sind nie zu versäumen. Jederzeit wird man sich dabei einer vollkommeneren Verbesserung der Sehschärfe erfreuen, als mit Hülfe des stenopaeischen Schlitzes zu erreichen war, welcher, wenn er zu schmal

ist, zu viel Licht wegnimmt und durch Diffraction stört, und ist er zu breit, den Astigmatismus höchst unvollkommen corrigirt.

10. Methode von Stokes. — Der berühmte Entdecker der veränderlichen Brechbarkeit des Lichtes sah sehr wohl ein, dass bei der Methode von Airy nur dann ein genügendes Resultat erreicht werden kann, wenn während der Bestimmung des Fernpunktes erst in dem einen und dann im andern Hauptmeridian der Accommodationszustand des Auges keine Veränderung erleidet. Bei seiner Methode ist diese Schwierigkeit aus dem Wege geräumt. Er will den Grad des Astigmatismus durch eine astigmatische Linse bestimmen, welcher man auf eine ebenso einfache als scharfsinnige Weise gerade die Stärke ertheilen kann, dass sie den Astigmatismus des Auges corrigirt. Ich habe solche Linsen anfertigen lassen und gebe eine Beschreibung des Apparates in der Form, welche mir die zweckmässigste schien: das Princip ist ganz das der astigmatischen Linse von Stokes, welchen Namen denn auch der Apparat behalten möge. Er besteht (Fig. 163 *B*, im Durchschnitt

Fig. 163.



gesehen) aus zwei cylindrischen Linsen, die eine plan-convex l von $^1/_{10}$, die andere plan-concav l' von $-\,^1/_{10}$. Dieselben sind in breiten kupfernen Ringen befestigt, erstere in K, letztere in K', welche bei x in einander passen und um ihre Achse aufeinander drehbar sind. Dabei drehen sich dann auch die Linsen $l\,l'$, deren Planflächen sich in geringer Entfernung gegenüber liegen, aneinander vorbei. Fig. 163 *A* gibt eine Ansicht des Apparates von der Aussenseite. Man bemerkt auf K einen Index i, auf K' eine Gradeintheilung. Zeigt der Index auf 0^0 oder auf 180^0, so sind die Achsen der beiden cylindrischen Linsen parallel; der Durchschnitt der Linsen stellt sich dann dar, wie in *B*, so dass sie beide zusammen als eine concav-convexe cylindrische Linse mit gleichem Krümmungsradius beider Flächen betrachtet werden können, deren Wirkung nahezu $= 0$ ist. Zeigt der Index auf 90^0 oder auf 270^0, so stehen die Achsen der cylindrischen Gläser lothrecht aufeinander. Hierbei hat der Apparat sein Maximum m von astigmatischer Wirkung. Parallele Strahlen, welche mit der Achse von l' in einer Ebene liegen, erleiden durch l' keine Ablenkung, werden aber durch l nach dessen in 10″ gelegenen Brennpunkte convergent gemacht; parallele Strahlen dagegen, welche mit der Achse von l zusammenfallen, werden durch l' divergent gemacht, als ob sie von einem 10″ vor der Linse gelegenen Punkt ausgingen, und werden durch l von diesem Wege nicht weiter abgelenkt. In dem einen Meridian bekommen wir also

einen Astigmatismus von $^1/_{10}$, im entgegengesetzten von $-\,^1/_{10}$, und der Astigmatismus m der bei dieser Stellung der Linsen gebrochenen Strahlen beträgt daher $^1/_5$. Es ergibt sich also, dass durch eine Umdrehung von 0^0 bis 90^0 der Astigmatismus von 0 bis $^1/_5$ wächst, und nach einer einfachen Formel

$$As = m\ sin.\ \alpha$$

kann man den Astigmatismus für jeden Winkel α, den die Achsen der Linsen miteinander machen, berechnen. Bequemlichkeitshalber sind auf dem Apparat bestimmte Grade von Astigmatismus unmittelbar angegeben, wodurch die Berechnung überflüssig wird.

Die Anwendung dieses Apparates ist leicht verständlich. Mangelt bei genauester Accommodation oder Reduction für die Ferne die normale Sehschärfe, und vermuthet man das Bestehen von Astigmatismus, so stellt man den Apparat ungefähr für den Grad von Astigmatismus ein, welchen die Sehstörung vermuthen lässt (lieber etwas zu schwach als zu stark), und dreht denselben, während das Auge auf die entfernten Buchstaben fixirt bleibt, vor demselben rundherum. Zeigt sich nun bei einer bestimmten Stellung Verbesserung, so kann man die Wirkung der astigmatischen Linse auf die angegebene Weise vermehren oder vermindern, bis das Maximum der Deutlichkeit erreicht ist.

Man stelle sich aber nicht vor hiermit seinen Zweck vollkommen erreicht zu haben. Denn selten ist das Auge alsdann für die Entfernung, in welcher die Buchstaben sich befinden, gehörig eingerichtet. Durch die Wirkung der astigmatischen Linse neigt sich nämlich das Auge im Meridian des Krümmungsmaximum gerade eben so viel zu Hypermetropie, wie im Meridian des Krümmungsminimum zu Myopie, und es kann nur dann ungefähr Emmetropie erreicht werden, wenn das Auge ohne die astigmatische Linse gerade einem solchen Glase den Vorzug gegeben hatte, durch welches seine beiden Hauptmeridiane auf gleiche Grade von Ametropie (resp. Hypermetropie und Myopie) gebracht wurden. Mitunter ist dieser Anforderung vollständig genügt, und der Zweck ist dann unmittelbar erreicht. Aber die Erfahrung lehrt, dass diess die Ausnahme ist. In der Regel bleibt bei der Correction des Astigmatismus ein gewisser Grad von Ametropie fortbestehen, und diess ist wieder Ursache, dass das Urtheil, ob der Astigmatismus so vollkommen wie möglich corrigirt ist, unsicher ausfällt. Bleibt etwas Myopie zurück, so wird sich das augenblicklich herausstellen, wenn man das Object annähert. Wird dabei schärfer gesehen, so kann die Wirkung der astigmatischen Linse noch genauer festgestellt und geregelt werden; indessen, wenn auf diese Weise nach langem Suchen ein scharfes Resultat erreicht ist, so ist noch eine recht ausführliche Berechnung nöthig, um aus dem gebrauchten sphärischen Glase, aus der astigmatischen Wirkung der Linse und aus der grössten Entfernung, in welcher mit diesem Apparat scharf gesehen wird, die Ametropie in den beiden Hauptmeridianen — die wir kennen müssen — abzuleiten. Bleibt aber Hypermetropie übrig, so ist, es sei denn, dass die Accommodation dafür sorge, keine Entfernung zu finden, in der scharf genug gesehen wird, um die astigmatische Wirkung der Linse vollkommen zu regeln, so dass dann die Zuhülfenahme einer zweiten sphärischen (positiven) Linse nothwendig wird, um für die Entfernung die Sehschärfe auf ihr Maximum zu bringen.

Es ergibt sich aus alledem, dass die Methode sich für die Praxis nicht sehr empfiehlt. Am meisten entspricht sie dann, wenn man das Auge durch sphärische Gläser auf einen gewissen Grad von Myopie reducirt und nun probiren lässt, bei welcher Wirkung der astigmatischen Linse am besten in der Nähe gelesen wird. Doch ist es hierbei schwieriger dafür zu sorgen, dass die Linsen vollständig centrirt vor das Auge gehalten werden; ferner fällt das Urtheil über die Sehschärfe weniger sicher aus, und immer wird man nur den Grad des Astigmatismus, keineswegs aber den der Refraction in jedem der Hauptmeridiane kennen gelernt haben.

Aus allen diesen Gründen verdient die unter 4. beschriebene Methode den Vorzug, und kommt die astigmatische Linse von Stokes hauptsächlich nur zur Controle in Anwendung. Hat man nämlich aus den erhaltenen Resultaten abgeleitet, durch welches sphärische Glas die Brechung in den beiden Hauptmeridianen auf gleiche Grade von Ametropie (resp. Myopie und Hypermetropie) gebracht wird, so kann man mit Hülfe der astigmatischen Linse sehr scharf den Grad des Astigmatismus bestimmen, und hierbei bietet sie dann den Vortheil, dass man auf einfache Weise ihre Wirkung genau regeln kann, so dass man sogar im Stande ist, kleine Ungenauigkeiten in den durch obenerwähnte Methode erhaltenen Resultaten dadurch zu entdecken und zu verbessern.

Es ist hier am Platze daran zu erinnern, dass oben (p. 395) bereits die astigmatische Linse von Stokes gebraucht wurde bei der Construction eines Apparates, um die Erscheinungen des Astigmatismus in sehr verschiedenen Graden auf einem Schirm zu veranschaulichen. Das dort Gesagte wird in der hier gegebenen Erklärung seine Erläuterung gefunden haben.

11. Methode von Javal.*) — Javal bedient sich zur Bestimmung der Richtung des Meridians der grössten und kleinsten Krümmung der Fig. 153 (siehe oben p. 383). Gibt man einem Kurzsichtigen diess Object und entfernt dasselbe mehr und mehr und endlich so weit, bis — wenn er im Geringsten astigmatisch ist — nur noch eine einzige Linie scharf und deutlich, die übrigen aber verwaschen erscheinen, so fällt der grösste Krümmungshalbmesser der brechenden Medien mit der Richtung der deutlich gebliebenen Linie zusammen. Um den Grad der Asymmetrie zu bestimmen wird nun ein concav-cylindrisches Glas so vorgehalten, dass dessen Achse mit der Richtung der deutlich gesehenen Linie einen rechten Winkel einschliesst. Dasjenige concav-cylindrische Glas, welches in dieser Richtung gehalten, alle Linien des Objectes zugleich gleich deutlich erscheinen lässt, corrigirt den Astigmatismus und gibt das Maass des Grades der vorhandenen Asymmetrie.

Dieser Versuch lässt sich aber nicht nur mit myopischen, sondern mit jedem Auge anstellen, da man ein jedes Auge mit Hülfe eines sphärisch-convexen Glases künstlich myopisch machen kann. Die Bestimmungen des Astigmatismus bleiben aber bei jeder Methode so lange schwankend, als nicht zugleich die Accommodation fixirt ist. Ein leichtes und, wenn auch nicht vollkommen genaues, doch genügendes Mittel die Fixation der Accommodation zu bewirken, liegt aber in der Convergenzstellung der Augen, und diese lässt sich

*) Zehender. Klin. Monatsblätter. 1865. p. 336.

durch den binoculären Sehact vollständig beherrschen. Javal benützt dazu zwei Bilder, von denen das eine einen Kreis, das andere einen ebensolchen Kreis, aber in der Weise der Fig. 153 von einer Anzahl radienartig verlaufender Linien durchzogen, darstellt. Wenn diese beiden Bilder verschmolzen werden, so geschieht diess bei einer bestimmten Stellung der Augenachsen. Diess ist genügend, um die Accommodation zu fixiren. Durch eine einfache Vorrichtung, welche 7 Cylindergläser trägt, die durch Combination 19 verschiedene concav-cylindrische Gläser repräsentiren und deren Achsenrichtung beliebig stellbar ist, kann die bei vorhandenem Astigmatismus ungleiche Deutlichkeit der einzelnen Radien corrigirt und dadurch der Grad des Astigmatismus bestimmt werden. Nach Bestimmung desselben muss dann noch die Refraction des Auges bestimmt werden, wozu Javal denselben Apparat benützt.

B. Wir haben nun noch die objectiven Kennzeichen des Astigmatismus kurz zu erörtern.

Sie müssen den subjectiven in so fern nachstehen, als sie durchgehends nicht mit gleicher Sicherheit die Anwesenheit und nie den Grad des Astigmatismus genau anzeigen. Aber ihr Zusammenhang mit der Ursache dieser Abnormität gibt ihnen einen hohen Werth. Diess gilt besonders von den Erscheinungen, welche sich auf die Form des Bulbus beziehen. Eine zweite Reihe objectiver Kennzeichen liefert die Untersuchung mit dem Augenspiegel.

1. Am häufigsten kommt Astigmatismus bei Hypermetropie vor. Zeigt sich bei derselben die Sehschärfe ungenügend, so ist in der Regel Asymmetrie im Spiel. Desshalb sind schon die objectiven Zeichen von Hypermetropie nicht ohne Werth (vergl. p. 212). Bestimmtere Zeichen liefert manchmal die Cornea. Mitunter erkennt man ihre Asymmetrie unmittelbar: sie ist in verticaler Richtung entweder kürzer oder reicht, als Folge einer stärkeren Krümmung weiter nach hinten, so dass die Grenzlinie zwischen Cornea und Sclerotica nicht in einer Ebene liegt. In andern Fällen sind es Unterschiede in der Grösse des Spiegelbildes in verticaler und horizontaler Richtung, welche unsere Aufmerksamkeit fesseln. Ein Viereck, z. B. das (pag. 404) erwähnte Brettchen, wird mit grösserer horizontaler Breite gespiegelt. Die Asymmetrie der Cornea ist damit erwiesen, und gewöhnlich entspricht derselben die des gesammten Apparates. Selbst in der Form der Sclerotica findet man diesen Unterschied wieder; manchmal kann man sich, wenigstens bei Hypermetropen, bereits in vivo überzeugen, dass die verticale Achse des Auges ansehnlich kleiner ist als die horizontale.

2. Die Untersuchung mit dem Augenspiegel gibt bei Hypermetropen gleichfalls den sichersten Hinweis auf das Vorhandensein von Astigmatismus. In einem normalen Auge sieht man (wenn man nicht etwa selbst astigmatisch ist) die in verschiedenen Richtungen von der Oberfläche des Sehnerven ausgehenden Gefässe mit einer und derselben Accommodationsspannung gleich deutlich. In einem astigmatischen Auge ist diess nicht mehr der Fall. Man bemerkt, dass man den Accommodationszustand seines Auges ändern muss, um Gefässe, die nahe an der Sehnerven-Oberfläche in verschiedenen Richtungen verlaufen, nach einander scharf zu sehen. Der Regel nach sieht der Emmetrop im Ruhezustande seiner Accommodation horizontal verlaufende Gefässe scharf gezeichnet, und muss um vertical verlaufende ebenso deutlich zu sehen, sein Accommodationsvermögen in Anspruch nehmen. Die Erklärung

dieses Unterschiedes liegt auf der Hand. Die vertical verlaufenden sieht man erst scharf, wenn diejenigen der von ihnen ausgehenden Strahlen, welche in einer Horizontalebene divergiren, im Auge des Beobachters zur Vereinigung kommen, und, ist das untersuchte Auge im horizontalen Meridian hypermetropisch, so behalten die zu dieser Ebene gehörenden Strahlen ausserhalb des Auges eine divergirende Richtung, so dass von Seiten des Beobachters eine Accommodationsthätigkeit nöthig ist, um sie zur Vereinigung zu bringen. Dagegen werden die horizontalen Gefässen angehörenden Strahlen, welche im verticalen Meridian divergiren, bei Emmetropie dieser Ebene ausserhalb des beobachteten Auges parallel werden, und diese Gefässe werden deshalb ohne Accommodationsanstrengung deutlich gesehen. — Bei der Untersuchung im umgekehrten Bilde kehrt sich auch diese Erscheinung um und ist zugleich aus mehr als einem Grunde weniger merklich, denn abgesehen von der geringeren Verschiedenheit der verlangten Accommodationsanstrengung kommt hierbei zuviel darauf an, welche Richtung der Achse der vor das Auge gehaltenen Linse ertheilt wird, wodurch diese Differenz ausgeglichen werden kann.

Auf eine zweite Erscheinung im Augengrunde bei Astigmatismus hat Knapp in der 1861 zu Heidelberg gehaltenen Zusammenkunft bereits aufmerksam gemacht. Ich meine die veränderte Form der Sehnervenfläche. In der Richtung des Meridians der stärksten Krümmung wird bei Untersuchung im aufrechten Bild ihr Durchmesser mehr, im Meridian der schwächsten Krümmung weniger vergrössert gesehen. Das Gegentheil ist bei der Untersuchung im umgekehrten Bilde der Fall. Wenn sich also bei der Untersuchung nach diesen beiden Methoden die Sehnervenscheibe in entgegengesetzter Richtung verlängert zeigt, so ist das Vorhandensein von *As*, wie Schweigger*) gezeigt hat, nachgewiesen.

Eine dritte Methode hat neuerdings Bowman angegeben. Er wurde, wie er mir mittheilt, in einigen Fällen auf die Auffindung von regelmässigem Astigmatismus der Hornhaut und der Richtung der Hauptmeridiane geführt, wenn er den Augenspiegel in ähnlicher Weise, wie für leichte Grade von Keratokonus anwendete. Die Beobachtung wird erleichtert, wenn die Sehnervenscheibe in der Gesichtslinie liegt und die Pupille weit ist. Man halte den Spiegel in zwei Fuss Entfernung und verändere seine Neigung rasch so dass das Licht in kleinen Winkeln zur Senkrechten und der Reihe nach von verschiedenen Seiten in aufeinanderfolgenden Meridianen ins Auge fällt. Die Pupillarebene wirft dann in einigen Meridianen einen etwas mehr linearen Schatten, als in andern.

§ 37. Ursache und Sitz des abnormen Astigmatismus.

Der abnorme Astigmatismus ist als ein stärkerer Grad der dem normalen Auge eignen Asymmetrie zu betrachten; diess folgt daraus, dass beide in Bezug auf den Sitz der Asymmetrie und die Richtung der Hauptmeridiane übereinstimmen.

Die Ursache des normalen Astigmatismus ist in der Regel — obgleich der Einfluss der Krystalllinse nicht ausgeschlossen ist, und ausnahmsweise

*) Archiv f. Ophth. IX. p. 178.

sogar überwiegt — grösstentheils in der Hornhaut zu suchen, und die Richtung der Hauptmeridiane des gesammten dioptrischen Apparates ist der Art, dass sich der Meridian des Krümmungsmaximums dem verticalen, der des Krümmungsminimums dem horizontalen Meridian zu nähern pflegt.

Für die abnormen Grade der Asymmetrie gelten dieselben Regeln. Was noch mehr ist: hier erleiden sie seltener eine Ausnahme. Findet man beim normalen Astigmatismus oft genug, dass der Meridian des Krümmungsmaximums einen kleineren Winkel mit der Horizontalen als mit der Verticalen einschliesst, so habe ich davon bei abnormen Graden kaum Ausnahmen gefunden. Und was den Sitz der Asymmetrie anlangt, so zeigten sich alle störenden Grade von Astigmatismus — abgesehen von ein paar Fällen von nachweisbarer Ectopie der Linse, worauf wir später zurückkommen — mit einer ungewöhnlichen Asymmetrie der Cornea verbunden. Gerade der hohe Grad dieser Asymmetrie erklärt es, dass sie dem Einfluss der Krystalllinse gegenüber das Uebergewicht behält.

Die folgende Tabelle enthält die zuerst erhaltenen Resultate:

No.	Namen	Geschlecht	Auge	I. ρ^0 hor.	II. ρ^0 vert.	III. F″ horiz.	IV. F″ vertic.	V. As = 1 :
				mm.	mm.	in Par. Zoll.		
1	Vl.	w.	D.	8·00	7·29	1·1737	1·0695	10·78
2	„	„	S.	7·80	7·48	1·1444	1·0975	20·04
3	Vo.	m.	D.	8·29	7·56	1·2163	1·109	9·43
4	„	„	S.	8·14	7·67	1·1943	1·125	14·51
5	Rr.	m.	D.	8·32	7·30	1·221	1·071	6·374
6	„	„	S.	8·38	7·38	1·2295	1·083	6·800
7	Rr. Jr.	m.	S.	8·44	7·69	1·2383	1·1283	9·504
8	Fr.	m.	D.	8·72	7·13	1·2794	1·0461	4·293
9	„	„	S.	8·40	7·25	1·2325	1·0637	5·811
10	Pg.	m.	D.	7·93	7·50	1·1635	1·1004	15·18
11	Rm.	m.	S.	8·74	8·04	1·2814	1·1797	11·02
12	Im.	m.	D.	7·96	7·34	1·1679	1·0770	10·35
13	„	„	S.	8·28	7·33	1·2149	1·0755	7·013
14	Vg.	m.	S.	8·29	7·69	1·2163	1·1283	11·67
15	Dr.	m.	D.	7·69	7·25	1·1283	1·0637	13·90
16	„	„	S.	7·84	7·26	1·1503	1·0652	10·77
17	Aud.	m.	D.	8·19	7·50	1·2017	1·1004	9·767
18	„	„	S.	8·16	7·43	1·1973	1·0902	9·118
19	Ren.	m.	D.	8·11	7·23	1·1899	1·0607	7·310
20	Sch.	m.	D.	8·91	7·82	1·3073	1·1474	7·019
21	„	„	S.	8·81	7·96	1·2927	1·1679	9·051

Sie ist nach denselben Principien angeordnet und auf dieselbe Weise berechnet, wie die auf S. 388 vorkommende, auf den normalen Astigmatismus bezügliche Tafel, und umfasst 21 Fälle von Herabsetzung der Sehschärfe durch abnormen Astigmatismus.

In den meisten dieser Fälle wurden auch die Messungen angestellt, welche zur Berechnung der Elemente der Ellipse, sowohl im verticalen als im horizontalen Durchschnitt nothwendig sind. Wir lassen sie hier als nicht

nothwendig zur Sache gehörig bei Seite. Nur das wollen wir bemerken, dass die Excentricität der elliptischen Durchschnitte im verticalen Meridian durchgehends ungewöhnlich klein ausfiel. Erwähnung verdient es auch, dass, besonders wenn Hypermetropie im Spiel war, die Gesichtslinie meistens mit der Hornhautachse einen grossen Winkel (7^0 bis 9^0) einschloss, was um so weniger befremdlich ist, als zahlreiche gemeinschaftlich mit Dr. Doyer angestellte Messungen*) gelehrt haben, dass der Winkel zwischen der Sehlinie und der Hornhautachse im Allgemeinen bei Hypermetropen gross ist.

Die Tafel bedarf nur wenig Erklärung. Von den fünf nummerirten Columnen enthält

I. in Millimetern: den Hornhautradius einer horizontal durch die Sehlinie gelegten Ebene.

II. in Millimetern: diesen Radius in einer vertical durch die Sehlinie gelegten Ebene.

III. in Pariser Zoll: die hintere Brennweite der Cornea in I.

IV. in Pariser Zoll: die hintere Brennweite der Cornea in II.

V. in Pariser Zoll: die Brennweite der cylindrischen Linse, welche in der erforderlichen Richtung unmittelbar vor die Cornea gehalten die Brennweiten III und IV gleich machen würde. Der Grad des von der gefundenen Asymmetrie der Cornea abhängigen Astigmatismus ist daher 1 : 10·78, 1 : 20·04 u. s. w. — *D* bedeutet rechtes, *S* linkes Auge. Bei einigen Personen sind beide Augen, bei andern nur eines gemessen. Ferner bezeichnet *m.* männliches, *w.* weibliches Geschlecht. Im Ganzen habe ich Asymmetrie mehr bei Männern als bei Frauen gefunden; bei letzteren sind jedoch auch relativ weniger Messungen angestellt.

Es ergibt sich, dass in allen Fällen der Radius der Cornea in der Verticalebene beträchtlich kleiner ist, als in der horizontalen, dass daher die Form der Cornea ohne Ausnahme nicht nur von einem hohen Grad von Astigmatismus Rechenschaft gab, sondern auch im Besondern von einem Astigmatismus mit kürzerer Brennweite im verticalen Meridian, ganz in Uebereinstimmung mit dem, was, ebenfalls ohne Ausnahme, hinsichtlich des gesammten dioptrischen Apparates bemerkt wurde.

Die hohe Bedeutung der Asymmetrie der Cornea springt besonders deutlich in die Augen bei einem Vergleich mit der auf pag. 388 gegebenen Tafel, welche die Beobachtungsresultate bei normalen Augen mit vollkommener Sehschärfe enthält. Das hier gefundene Maximum der Asymmetrie bleibt noch unter dem Minimum, welches sich in der Tabelle für die Fälle von abnormem Astigmatismus verzeichnet findet, abgesehen von Nr. 2 des abnormen, wo nur eine sehr geringe Sehstörung bestand ($S = {}^2/_3$) und von Nr. 14 des normalen, wo sich bei genauerer Untersuchung keine vollkommene Sehschärfe zeigte ($S = {}^4/_5$).

Eine andere Frage ist, in wie weit auch die Linse einen Einfluss hat. In meiner ursprünglichen Abhandlung über Astigmatismus war ich nicht im Stande eine genügend befriedigende Antwort darauf zu geben. Die seitdem

*) Verslagen en Mededeelingen van de Koninkl. Akademie van Wetenschappen, 1862.

in Gemeinschaft mit Dr. Middelburg nach der oben beschriebenen Methode (p. 390) angestellten Untersuchungen haben mir den Beweis geliefert, dass bei hohen Graden von Hornhautasymmetrie eine Asymmetrie der Linse besteht, welche sich in dem Sinne geltend macht, dass der Astigmatismus des ganzen Auges beinahe immer geringer ist, als der durch die Hornhaut bedingte Astigmatismus.

Die nachstehende Tabelle enthält die Beobachtungs- und Rechnungs-Resultate von fünfzehn Augen, von denen einige von mehreren Beobachtern bestimmt wurden. Die Beobachtungen lassen erkennen:

A	B	C	D		E										
Nr.	Geschlecht und Alter	Auge	Refraction des ganzen Auges in		Krümmungsradius für den Scheitel der Hornhaut im Meridian										
			M_o.	m_o.	0^0	15^0	30^0	45^0	60^0	75^0	90^0	105^0	120^0	135^0	150^0	165^0
1	m. 40	S.	— 1 : 40	—1:12	7·97	8·06	7·95	7·79	7 47	7·61	7·72	7 93	8·12	8·25	8·25	8·14
2	„	D.	— 1 : 20	—1:8	8·47	8·18	8·02	7·68	7·67	7·54	7·56	7·66	7·90	8·09	8·34	8·37
3	m. 22	S.	— 1 : 28	—1:56	8·81	8·74	8·59	8·27	8·10	7·99	7·95	8·02	8·16	8·36	8·37	8·46
			„	„	8·76	8·72	8·60	8·42	8·14	8·02	8·01	8·07	8·16	8·37	8·47	8·56
4	m. 40	D.	E	—1:19·6	8·38	8·28	8·15	8·12	7 73	7·62	7.43	7·36	7·40	7·67	7·97	8·17
5	„	S.	1:24	—1:22	8·22	8·32	8·29	7·98	7 90	7·57	7·42	7·30	7·35	7·61	7·75	8·10
6	m. 38	D.	E	—1:24	8·17	7·92	7·88	7·69	7 65	7·67	7·57	7·71	7·79	8·06	8·09	8·16
								7·84	7·76	7·67		7·67	7·68	7·89	7·94	8·10
7	m. 20	D.	— 1 : 20	—1:7.5	8·44	8·45	8·54	8·28	7·97	7·72	7·60	7·45	7·55	7·86	8·15	8·37
							8·35	8·22	7·93	7·85	7·50	7·43	7·50	7·60	7·98	8·22
						8·43	8·40	8·12	7·94	7·82	7·63	7·56	7·56	7 96	7·98	8·36
8	m. 47	S.	E	—1:17·5	8·43	8·56	8·43	8·18	7·97	7·67	7·70	7·74	7·84	7·89	8·13	8·06
9	w. 25	D.	— 1 : 20	—1: 8 66	8·06	7·94	7·71	7·60	7·45	7·43	7·50	7·62	7·76	7·98	8·03	8·16
10	„	S.	— 1 : 20	—1:13·5	8·08	7·98	7·92	7·80	7.80	7·66	7·55	7·58	7·65	7·72	7·71	7·87
11	m. 18	D.	— 1 : 15	—1:88	8·01	7·86	7·66	7·57	7·42	7·25	7·17	7 23	7·45	7·69	7·82	7·97
12	m. „	S.	1 : 60	—1:60	7·92	7·80	7·80	7·62	7·51	7·27	7·23	7·30	7·36	7·57	7·68	7·77
13	m. 46	D	— 1 : 10	—1: 7·25	7·71	7·77	7·86	7·91	7·94	7·91	7·84	7·84	7·68	7·68	7·73	7·80
14	m. 60	S.	1 : 103	1:16	7·81	7·82	7·75	7·93	7·78	7·65	7·66	7 65	7·63	7·55	7·68	7·63
15	m. 16	D.	— 1 : 28	—1:14	8·42			7·70	7·60	7 48	7·69	7·73	7·92			

1. Der Grad des Astigmatismus des ganzen Auges (Columne *G*) war im Allgemeinen nicht so hoch, als früher von Knapp und mir gefunden wurde. Er wurde in diesem Falle mittelst der stenopaeischen Spalte, mit cylindrischen Gläsern und mit der Stokes'schen Linse bestimmt, und dann das Mittel aus den nach diesen drei Methoden gefundenen Werthen gezogen. Wenn die Sehschärfe nicht besonders herabgesetzt war, so differirten diese Werthe nur wenig von einander.

2. Fast in allen Fällen bestand *H* in beiden Meridianen. Das Minuszeichen vor den nummerischen Werthen der Refraction (Columne *D*) bezeichnet *H*.

3. Die Meridiane des Krümmungsmaximums (Columne *G*) stimmen keineswegs in ihrer Richtung überein; doch weicht diese in zwölf Fällen weniger als 20° von der Senkrechten ab und liegt nur in zwei Fällen näher an 0° als an 90°. Die Bestimmung geschah aus der erforderlichen Stellung der corrigirenden Linse, nach der p. 384 beschriebenen Methode, welche genauere Resultate als die früher angewandte gibt.

4. In Uebereinstimmung mit der am häufigsten vorkommenden Richtung von M_o ist der Krümmungsradius der Hornhaut bei 90°, mit einziger

F Hornhaut: berechnet					G Auge: gefunden			H Krystall-Linse: berechnet			K
M_c.		Radius		A_{sc}.		M_o.	A_{so}.		M_l.	A_{sl}.	Beobachter
		in M_c	in m_c								
\	63° 4	7·63	8·26	1 : 11·	\	40°	1:17·14	—	173°·3	1:15·06	D.
/	78°·7	7·52	8·42	1 : 7·73	/	74°	1:13·33	—	174°·9	1:17·64	M.
/	92° 3	7·95	8·75	1 : 9·57	|	91°	1:7	|	87°·5	1:25·80	M.
|	91°·8	7·99	8·73	1 : 10 36	|	„	„	/	89°·3	1:21·53	H.
\	101°	7·38	8·36	1 : 6 92	\	128°	1:19·6	—	1°·1	1: 8·22	M.
/	105°·6	7·33	8·33	1 : 6·71	/	104°	1:11·4	/	17° 9	1:16·33	M.
/	85°·8	7·59	8·15	1 : 12·15	|	90°	1:24	—	171° 6	1:24·07	M.
						„	„				H.
\	102°·2	7·52	8·58	1 : 6·68	\	107°	1:12	—	6°·4	1:14·51	D.
											M.
											H.
/	101°	7 67	8·45	1 : 9·11	/	105°	1:17·5	—	6° 7	1:18·59	M.
/	73° 3	7·43	8·12	1 : 9·60	/	70°	1:15·3	—	168°·7	1:25·02	M.
/	102°·1	7·56	7·99	1 : 19·46	\	75°	1:41	/	26° 1	1:23·78	M.
/	86°	7 28	7·91	1 : 10·0	|	91°	1:21·3	—	171°·7	1:18·37	D.
/	94° 4	7·26	7·89	1 : 9·99	\	73°	1:30	/	12°·7	1:12·68	M.
\	148°	7·69	7·92	—1 : 28·87	/	88°	1:26·3	—	174° 6	1:27·44	M.
/	123°·3	7.59	7·84	1 : 26·21	/	152°	1:28·8	—	5°·1	1:28·47	D.
					/	70°	1:28				M.

Ausnahme von Nr. 13, kleiner als bei 0° (Columne *E*), und in fünf Fällen wurde das Krümmungsmaximum sogar sehr nahe an 90° gefunden.

5. Die Mittel der in allen Meridianen von 15 zu 15 Grad (Columne *E*) erhaltenen Messungen, mit Ausnahme von Nr. 14, zeigen eine sehr regelmässige Reihenfolge der sichergestellten Werthe des Krümmungsradius. — Die geringere Regelmässigkeit, welche für die Cornea mit normalem Astigmatismus (vergl. die Tabelle p. 399) gefunden wurde, muss ohne Zweifel

Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden, welche sich bei der geringen Verschiedenheit des Krümmungsradius in den gemessenen Meridianen in Bezug auf das Verhältniss der gewonnenen Zahlen zu einander natürlich viel stärker geltend machen mussten. —

Aus den Werthen für den Krümmungsradius in den verschiedenen Meridianen wurden nun zunächst die Werthe der Maxima und Minima und die Meridiane, denen sie entsprechen, berechnet; woraus dann auf einfache Weise (vergl. p. 389) der durch die Cornea bedingte Grad von Astigmatismus (Colonne F unter As_c) bestimmt wurde. — In zweiter Stelle wurde dann nur berechnet, welchen Grad und welche Richtung die Asymmetrie der Linse haben muss, um in Verbindung mit den für die Hornhaut gewonnenen Werthen die Richtung und den Grad des Astigmatismus fürs ganze Auge hervorzubringen. In Columne H sind die Resultate dieser Berechnung für die Linse eingetragen, die man mit dem p. 415 angeführten allgemeinen Resultate in Uebereinstimmung finden wird.

Ich will noch besonders bemerken, dass nur in zwei Fällen der Meridian des Krümmungsmaximums der Linse M_l sich mehr der verticalen als der horizontalen Richtung annähert. In 11 Fällen weicht er sogar weniger als 10^0 von der horizontalen ab. Es ergibt sich daraus, dass das Krümmungsmaximum der Linse noch constanter von der horizontalen, als das der Hornhaut von der verticalen Richtung beherrscht wird. Hiermit hängt nun weiter zusammen, dass beinahe immer der Astigmatismus der Hornhaut grösser ist, als der des ganzen Auges. Es leuchtet aber gleichzeitig ein, dass man sehr weit von der Wahrheit entfernt war, wenn man die compensirende Wirkung der Linse ihrem wirklichen Astigmatismus gleich setzte, d. h.

$$As_l = \frac{1}{As_c} - \frac{1}{As_o}$$

annahm. Die Richtungen der Achsen haben eben, wie ein einfacher Blick auf die Linien, durch welche sie angegeben werden, sogleich klar macht, einen zu grossen Einfluss. Ich kann desshalb der von Knapp gegebenen Tabelle keinen besondern Werth beimessen, um so weniger, als die Bestimmungen des Astigmatismus für das ganze dioptrische System sich bei seiner Methode zu hoch stellen müssen (v. p. 381).

Ich habe den Astigmatismus der Cornea grösser, als den der Linse genannt; in der That aber ist der Astigmatismus der Linse grösser, als wir ihn hier gefunden haben. Die Berechnung wurde unter der Voraussetzung gemacht, als wäre die Linse eine einfache brechende Fläche und läge der vordern Hornhautfläche unmittelbar an; man sieht aber leicht ein, dass die tiefere Lage der Linse ihren Einfluss auf den Astigmatismus vermindern muss. Eine genauere Berechnung darüber erschien mir jedoch überflüssig.

Zum Schlusse erhebt sich noch die Frage, ob bei Asymmetrie der Hornhaut der Radius im horizontalen Meridian grösser oder der Radius im verticalen Meridian kleiner ist, als der des normalen symmetrischen Auges. In erster Stelle kann ich darauf antworten, dass gewöhnlich der Radius im horizontalen Meridian beträchtlich grösser ist. Durch Messen von 120 Augen von Leuten mit vollkommener Sehschärfe fand ich ρ^0 im horizontalen Meridian im Mittel $7{\cdot}858^{mm}$, das Maximum $8{\cdot}396^{mm}$ und das Minimum $7{\cdot}291^{mm}$.

Unter diesen befanden sich viele Myopen und Hypermetropen bis zu den höchsten Graden, die aber keine erheblichen Unterschiede darboten. Die 21 asymmetrischen Augen, die in der Tabelle auf Seite 414 zusammengestellt sind, ergeben dagegen im Mittel $\rho^0 = 8{\cdot}291^{mm}$, d. i. nahezu gleich dem bei symmetrischen Augen gefundenen Maximum, und unter diesen kommen nicht weniger als 5 vor, welche diess Maximum sogar übersteigen, nämlich $\rho^0 = 8{\cdot}44$, $\rho^0 = 8{\cdot}72$, $\rho^0 = 8{\cdot}74$, $\rho^0 = 8{\cdot}81$ und $\rho^0 = 8{\cdot}91$. Im verticalen Meridiane ist ρ^0 in asymmetrischen Augen kürzer als in symmetrischen, aber die Differenz ist hier weniger beträchtlich. Im Mittel fand ich das erstere ρ^0 vertic. $= 7{\cdot}439^{mm}$ (Tabelle p. 414). Ueber ρ^0 vertic. in symmetrischen Augen besitze ich ausser den auf p. 338 keine Angaben; diese ergeben aber ein Mittel von 7·695. Daraus folgt, dass bei Asymmetrie des Auges ρ^0 im horizontalen Meridiane gewöhnlich das Normale mehr übersteigt, als ρ^0 vertic. unter das Normale herabsinkt. Dasselbe lässt sich aus der Tabelle auf Seite 416 und 417 ableiten.

Ausser der angebornen Missbildung der Cornea können auch verschiedene erworbene Zustände zu abnormem Astigmatismus Veranlassung geben. Dieselben verdienen eine besondere Betrachtung, und werde ich davon in § 39 bei den klinischen Formen, unter denen Astigmatismus vorkommt, sprechen.

Ich lasse hier die Methode folgen, nach welcher sich der Antheil berechnen lässt, den die Linse beim Astigmatismus hat. Ich verdanke sie der bereitwilligen Mitwirkung meiner Freunde der Professoren Hoek und Buys Ballot.

Zunächst ist es nothwendig den sämmtlichen in den zwölf Meridianen ausgeführten Bestimmungen einen ziemlich gleichmässigen Einfluss auf die Richtung von M_e und m_e sowohl, wie auf den Radius in M_e und m_e zuzuerkennen. Aus den Beobachtungen müssen berechnet werden:

1) α der Winkel, welchen die horizontale Ebene mit der Ebene m des grössten Krümmungsradius macht.

2) R der kleinste und r der grösste Krümmungsradius.

Hierzu wurden die 12 Beobachtungen in 3 Gruppen vertheilt, und aus den in jeder Gruppe berechneten α, r und R das Mittel genommen.

Wenn ρ_0 der Krümmungsradius im horizontalen Meridiane ist, demnach mit m einen Winkel $\alpha + o$ macht, so macht ρ_φ mit m den Winkel $\alpha + \varphi$. Wir bekommen also:

$$\frac{1}{\rho_0} = \frac{1}{R} \cos^2 \alpha + \frac{1}{r} \sin^2 \alpha,$$

dem leicht eine andere Form gegeben werden kann, nämlich:

$$\frac{2}{\rho_0} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) \cos 2\alpha \quad \ldots\ldots (1)$$

$$\frac{2}{\rho_\varphi} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) \cos 2(\alpha + \varphi).$$

Die Differenz ist:

$$2\left(\frac{1}{\rho_\varphi} - \frac{1}{\rho_0}\right) = \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) \left[\cos 2(\alpha + \varphi) - \cos 2\alpha\right]$$

Der Unterschied der beiden Cosinus, ausgedrückt durch das Product von 2 sinus, ist:

$$\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_\varphi} = \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) \sin(2\alpha + \varphi) \sin\varphi \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

und ebenso:

$$\frac{1}{\rho_{45}} - \frac{1}{\rho_{\varphi+45}} = \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) \cos(2\alpha + \varphi) \sin\varphi \quad \ldots\ldots (3)$$

Der Quotient dieser Gleichungen ist:

$$\frac{\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_\varphi}}{\frac{1}{\rho_{\varphi+45}} - \frac{1}{\rho_{45}}} = tg(2\alpha + \varphi) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Nehmen wir nun $\varphi = 90^0$, so bekommen wir die einfachen Formeln

$$\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_\varphi} = \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) cso\ 2\alpha \quad \ldots\ldots\ldots (2^*)$$

$$\frac{1}{\rho_{45}} - \frac{1}{\rho_{\varphi+45}} = -\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) \sin 2\alpha \quad \ldots\ldots (3^*)$$

und

$$\frac{\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_\varphi}}{\frac{1}{\rho_{45}} - \frac{1}{\rho_{\varphi+45}}} = -\cot g\ 2\alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4^*)$$

Wenden wir diese Formel auf die 4. Linie der Tabelle an, so finden wir: Für die erste Combination von ρ_0, ρ_{90} und ρ_{45}, ρ_{135},

$$\frac{\frac{1}{8{\cdot}01} - \frac{1}{8{\cdot}76}}{\frac{1}{8{\cdot}37} - \frac{1}{8{\cdot}42}} = \frac{-\ 0{\cdot}0107}{-\ 0{\cdot}0007} = -\cot 2\alpha$$

$$2\alpha = -\ 3^0 44'$$
$$\alpha = -\ 1^0 52'.$$

Für die zweite Combination von ρ_{15}, ρ_{105} und ρ_{60}, ρ_{150},

$$\frac{\frac{1}{8{\cdot}07} - \frac{1}{8{\cdot}72}}{\frac{1}{8{\cdot}14} - \frac{1}{8{\cdot}47}} = \frac{-\ 0{\cdot}0092}{+\ 0{\cdot}0056} = -\cot 2\ (\alpha + 15^0)$$

$$2\ (\alpha + 15^0) = 31^0 20'$$
$$\alpha = 40'.$$

Für die dritte Combination von ρ_{30}, ρ_{120} und ρ_{75}, ρ_{165},

$$\frac{\frac{1}{8{\cdot}60} - \frac{1}{8{\cdot}16}}{\frac{1}{8{\cdot}02} - \frac{1}{8\,56}} = \frac{-\ 0{\cdot}0063}{+\ 0{\cdot}0079} = -\cot 2\ (\alpha + 30^0)$$

$$2\ (\alpha + 30^0) = 51^0 26'$$
$$\alpha = -\ 4^0 17'.$$

Als Mittel aus diesen 3 Combinationen erhalten wir ferner:

$$\alpha = \frac{-1^0 52' + 40' - 4^0 17'}{3} = -1^0 53',$$

d. h. m liegt in $1^0 53'$
M in $91^0 53'$.

In zweiter Stelle finden wir R und r aus den Bestimmungen

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \text{ und } \frac{1}{R} + \frac{1}{r}.$$

Für die 1. Combination ist

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{r} = \frac{\left(\frac{1}{\rho_0} + \frac{1}{\rho_{90}}\right) + \left(\frac{1}{\rho_{45}} + \frac{1}{\rho_{135}}\right)}{2} = 0{\cdot}2387.$$

Für die 2. Combination

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{r} = \frac{\left(\frac{1}{\rho_{15}} + \frac{1}{\rho_{105}}\right) + \left(\frac{1}{\rho_{60}} + \frac{1}{\rho_{150}}\right)}{2} = 0{\cdot}2402.$$

Für die 3. Combination

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{r} = \frac{\left(\frac{1}{\rho_{30}} + \frac{1}{\rho_{120}}\right) + \left(\frac{1}{\rho_{75}} + \frac{1}{\rho_{165}}\right)}{2} = 0{\cdot}2402.$$

Sodann wird

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \text{ gefunden als } \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2^*)$$

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{r} = \frac{\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_{\frac{\pi}{2}}}}{\cos 2\alpha}$$

Diess gibt für die erste Combination

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{r} = \frac{0{\cdot}0107}{\cos 3^0 44'} = 0{\cdot}0107.$$

Für die 2. Combination

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{r} = \frac{0{\cdot}0092}{\cos 31^0 40'} = 0{\cdot}0108.$$

Für die 3. Combination

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{r} = \frac{0{\cdot}0063}{\cos 51^0 26'} = 0{\cdot}0101.$$

Aus diesen Bestimmungen ergibt sich nun, wenn man die erhaltenen Werthe von $\frac{1}{R} - \frac{1}{r}$ zu den entsprechenden von $\frac{1}{R} + \frac{1}{r}$ addirt, der Werth $\frac{2}{R}$, und wenn man von denselben Werthen $\frac{1}{R} + \frac{1}{r}$ abzieht, der Werth von $\frac{2}{r}$, nämlich:

1. Combin. $\frac{2}{R} = 0{\cdot}2387 + 0{\cdot}0107 = 0{\cdot}2494$
2. „ . . . . . $= 0{\cdot}2510$
3. „ . . . . . $= 0{\cdot}2503$

$$\frac{6}{R} = 0{\cdot}7507$$

$$\frac{1}{R} = 0{\cdot}1251$$

$$R = 7{\cdot}99.$$

Und 1. Combinat. $\frac{2}{r} = 0{\cdot}2387 - 0{\cdot}0107 = 0{\cdot}2280$

2. „ . . . . . $= 0{\cdot}2294$

3. „ . . . . . $= 0{\cdot}2301$

$\frac{6}{r} = 0{\cdot}6875$

$\frac{1}{r} = 0{\cdot}1146$

$r = 8{\cdot}73.$

Auf diese Weise wurde nun sowohl M_c, als der Radius in M_c und m_c gefunden, und in der Tabelle verzeichnet. Die gefundenen Werthe der Radien in M_c und m_c wurden in Pariser Zollen ausgedrückt, und daraus die hinteren Brennweiten F'' im Krümmungs-Maximum, und f'' im Krümmungs-Minimum berechnet, nach der Formel:

$$F'' = \frac{nr}{n-1}.$$

wobei $n = 1{\cdot}3365$ angenommen worden. Hieraus wurde nun ferner nach der Formel:

$$f' = \frac{F' f''}{f'' - F''}$$

die Brennweite einer cylindrischen Linse berechnet, die zu m_c hinzugefügt, dessen hinteren Brennpunkt mit dem von M_c zusammenfallen lässt. In dieser Formel ist F' $(= F'' : n)$ die vordere Brennweite der Hornhaut in m_c, und f' der Abstand der Hornhautfläche von einem Punkte in der Achse, auf den die Strahlen in der Ebene M_c gerichtet sein müssen, um ihren Vereinigungspunkt im Brennpunkte von m_c zu finden.

Es ist nun:

$$As_c = \frac{1}{f'}.$$

Ist nun die Richtung von M_o durch unmittelbare Bestimmung, die von M_c durch Berechnung bekannt, und sind ebenso die Werthe von As_o und As_c gefunden, dann können dieselben als die Brennweiten zweier positiv-cylindrischer Linsen betrachtet werden, bei denen die Richtung der Achsen senkrecht auf M_o und auf M_c steht. Hieraus kann weiter gefunden werden: M_l als die Richtung der Achse, und As_l als die Stärke der cylindrischen Linse, welche, zu M_c und As_c hinzugefügt, für die daraus resultirende Linse M_o und As_o gibt.

Es entsteht also folgende Frage:

Wenn von 2 unendlich dünnen, cylindrischen Linsen, I und III, gegeben sind: die Brennweite oder die Radien r_1 und r_3, und die Richtungen der Achsen — welches ist dann die Brennweite oder der Radius r_2 und die Richtung der Achse von einer Linse II, welche, zu I hinzugefügt, als resultirende Linse III gibt?

Es sei $\rho_0 = R$, bei der cylindrischen Linse ∞ (also in der Richtung der Achse),

$\rho 90^0 = r$, der kleinste Krümmungsradius; α, β, die Azimuthe der Achsenebene für jedes der cylindrischen Gläser,

γ der Azimuth der Achse der hinzuzufügenden Linse, so ist, da unter einem Winkel φ mit der Achse, immer

$$\frac{1}{\rho_0} = \frac{1}{R} \cos^2 \varphi + \frac{1}{r} \sin^2 \varphi,$$

bei dem cylindrischen Glase:

$$\frac{1}{\rho_0} = \frac{1}{r} \sin^2 \varphi \text{ und } \frac{1}{\rho_0} = \frac{1}{r} \cos^2 \varphi$$

und demnach in einem beliebigen Azimuth δ, welcher die Winkel $\alpha - \delta$ mit der Achse der ersten, $\beta - \delta$ mit der Achse der zweiten, $\gamma - \delta$ mit der Achsenebene der dritten Linse bildet:

$$\frac{sin^2\,(\alpha-\delta)}{r'}+\frac{sin^2\,(\beta-\delta)}{r''}=\frac{sin^2\,(\gamma-\delta)}{r'''}+\frac{1}{R}\quad\ldots\ldots(1)$$

$$\frac{cos^2\,(\alpha-\delta)}{r'}+\frac{cos^2\,(\beta-\delta)}{r''}=\frac{cos^2\,(\gamma-\delta)}{r'''}+\frac{1}{R}\quad\ldots\ldots(2)$$

R ist immer der Radius der Kugel, welche zu der Linse γ hinzugefügt werden muss, damit diese die Systeme α und β vollständig in sich enthalte.

(2) weniger (1) gibt, indem

$$cos^2\,\varphi-sin^2\,\varphi=cos\;2\;\varphi,$$

$$\frac{cos\;2\;(\alpha-\delta)}{r'}+\frac{cos\;2\;(\beta-\delta)}{r''}=\frac{cos\;2\;(\gamma-\delta)}{r'''}\quad\ldots\ldots(3)$$

Der Azimuth δ ist willkührlich, denn in jedem Azimuth muss es ganz einerlei sein, ob man α oder β, oder auch wohl γ nimmt.

Diess drückt man auf folgende Weise aus:

$$cos\;2\;(\alpha-\delta)=cos\;2\;\alpha\;cos\;2\;\delta+sin\;2\;\alpha\;sin\;2\;\delta.$$

Macht man es mit den anderen Termen ebenso, und schreibt untereinander, was mit $cos\;2\;\delta$ und was mit $sin\;2\;\delta$ multiplicirt ist, so erhält man:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{cos\;2\;\alpha}{r'}\;cos\;2\;\delta+\frac{sin\;2\;\alpha}{r''}\;sin\;2\;\delta\\+&\frac{cos\;2\;\beta}{r'}\;cos\;2\;\delta+\frac{sin\;2\;\beta}{r'}\;sin\;2\;\delta\\-&\frac{cos\;2\;\delta}{r'''}\;cos\;2\;\delta-\frac{sin\;2\;\gamma}{r'''}\;sin\;2\;\delta=o\end{aligned}\right\}\quad\ldots\ldots(4)$$

Um das Willkührliche von δ zu bezeichnen, muss der Coëfficient von $cos\;2\;\delta$, und der von $sin\;2\;\delta$, jeder für sich $=o$ sein. So zerfällt (4) in (5) und (6)

$$\frac{cos\;2\;\alpha}{r'}+\frac{cos\;2\;\beta}{r''}=\frac{cos\;2\;\gamma}{r'''}\quad\ldots\ldots(5)$$

$$\frac{sin\;2\;\alpha}{r'}+\frac{sin\;2\;\beta}{r''}=\frac{sin\;2\;\gamma}{r'''}\quad\ldots\ldots(6)$$

(6) durch (5) getheilt gibt:

$$tg.\;2\;\gamma=\frac{\frac{sin\;2\;\alpha}{r'}+\frac{sin\;2\;\beta}{r''}}{\frac{cos\;2\;\alpha}{r'}+\frac{cos\;2\;\beta}{r''}}\quad\ldots\ldots(7)$$

und $(5)^2+(6)^2$ gibt:

$$\frac{1}{r^2{}_{,,,}}=\frac{1}{r^2{}_{,}}+\frac{1}{r^2{}_{,,}}+\frac{2\;cos\;2\;(\alpha-\beta)}{r'\,r''}\quad\ldots\ldots(8)$$

Auf diese Weise werden r''' und γ gefunden.

Um r' oder r'' und α oder β zu finden, während r''' und γ und ausserdem r'' oder r' und β oder α gegeben sind, schreiben wir (5) und (6) folgendermaassen:

$$\frac{cos\;2\;\alpha}{r'}=\frac{cos\;2\;\gamma}{r'''}-\frac{cos\;2\;\beta}{r''}\quad\ldots\ldots(9)$$

$$\frac{sin\;2\;\alpha}{r'}=\frac{sin\;2\;\gamma}{r'''}-\frac{sin\;2\;\beta}{r''}\quad\ldots\ldots(10)$$

$\frac{10}{9}$ gibt:

$$tg.\;2\;\alpha=\frac{\frac{sin\;2\;\gamma}{r'''}-\frac{sin\;2\;\beta}{r''}}{\frac{cos\;2\;\gamma}{r'''}-\frac{cos\;2\;\beta}{r''}}=\frac{r''\;sin\;2\;\gamma-r'''\;sin\;2\;\beta}{r''\;cos\;2\;\gamma-r'''\;cos\;2\;\beta}\quad\ldots(11)$$

$$\text{oder } \frac{1}{r^2_{,}} = \frac{1}{r^2_{,,,}} r^2 \left[r^2_{,,} + r^2_{,,,} - 2\, r_{,,}\, r_{,,,}\, cos\ 2\ (\beta - \gamma) \right]$$

$$\text{oder } r_{,} = \frac{r_{,,}\, r_{,,,}}{\sqrt{r^2_{,,} + r^2_{,,,} - 2\, r_{,,}\, r_{,,,}\, cos\ 2\ (\beta - \gamma)}}\ .$$

Nach diesen Formeln wurden nun M_t $(= \alpha)$ und $r_{,}$ (und damit zugleich As_t als mit ihnen proportional) gefunden und in der Tabelle verzeichnet.

---

§ 38. Cylindrische Linsen und allgemeine Regeln über ihre Anwendung.

Regelmässigen Astigmatismus kann man, wie oben bemerkt wurde, hervorbringen, indem man eine sphärische Linse mit einer cylindrischen verbindet.

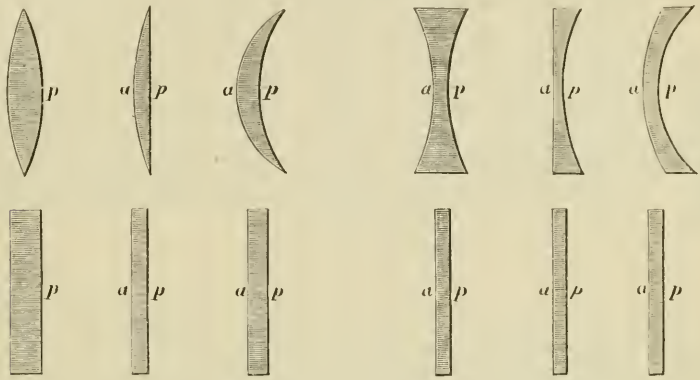
Die Wirkung einer cylindrischen Linse kann nun wieder durch eine zweite solche Linse von gleicher Brennweite aufgehoben werden. Sind diese cylindrischen Linsen beide positiv oder negativ, so müssen zum Zwecke der gegenseitigen Neutralisirung die Achsen der cylindrischen Flächen senkrecht aufeinander stehen; ist dagegen die eine positiv, die andere negativ, so wird dieser Zweck bei parallelem Stande der Achsen erreicht. Letzteres ist der Fall bei der astigmatischen Linse von Stokes (p. 409), ihre Wirkung ist bei parallelem Stande der Achsen $= 0$. Ersteres kommt bei den sogenannten Urmacher-Lupen zur Anwendung, welche zwei convex-cylindrische Flächen von gleicher Brennweite haben, deren Wirkung bei gekreuzter Stellung der Krümmungsachsen nahezu mit der von sphärischen biconvexen Linsen übereinkommt. Sind beide Cylinderflächen einander gleich und concav, so erhält man bei Kreuzung der Achsen neben Aufhebung des Astigmatismus zugleich die Wirkung einer negativen sphärischen Linse.

Ebenso wie die Wirkung einer cylindrischen Linse durch eine zweite aufgehoben werden kann, kann nun auch der regelmässige Astigmatismus durch eine cylindrische Linse corrigirt werden. Um sich eine deutliche Vorstellung von dieser Correction zu machen, nehme man die betreffenden Versuche an seinem eignen Auge vor. Eine cylindrische Linse, z. B. von $^1/_{10}$, macht astigmatisch und gibt Veranlassung zu eigenthümlichen, früher bereits beschriebenen Sehstörungen. Eine zweite cylindrische Linse von $-\ ^1/_{10}$ mit parallel gerichteter Achse neutralisirt die Wirkung der ersteren vollständig, so dass von dem Vorhandensein von Gläsern vor dem Auge kaum noch etwas bemerkt wird. Ist dagegen die zweite cylindrische Linse, ebenso wie die erste, eine positive von $^1/_{10}$, so wird der Astigmatismus bei rechtwinkliger Lage der Krümmungsachsen zueinander corrigirt; dabei ist aber gleichzeitig das Auge myopisch geworden, und zwar in solchem Grade, dass der Fernpunkt eines zuvor emmetropischen Auges (die Entfernung zwischen Glas und Auge nicht mit in Rechnung gebracht) in 10″ Entfernung zu liegen kommt ($M = ^1/_{10}$).

Die Gläser, die zur Correction der verschiedenen Formen von Astigmatismus gebraucht werden, können in drei verschiedene Klassen eingetheilt werden.

I. Einfach cylindrische Gläser (Fig. 164). Ebenso wie die sphärischen haben auch diese entweder eine positive oder eine negative Brennweite; erstere nennen wir einfach positive, letztere negative. Sind beide Flächen cylindrisch, so sind ihre Achsen parallel. Um ihre Formen anschaulicher darzustellen, sind sie sowohl in einem senkrecht auf die Achse gelegten Durchschnitt (Fig. 164, I), als in einem durch die Achse selbst gehenden abgebildet (Fig. 164, II); die Flächen sind dabei als vordere a und hintere p unterschieden.

Fig. 164.



a) Zu den positiven cylindrischen Linsen gehören:
1. Die bi-convexe (Fig. 161 A).
2. Die plan-convexe (B).
3. Der concav-convexe oder positive Meniscus (C).

b) Zu den negativen gehören:
1. Die bi-concave (D).
2. Die plan-concave (E).
3. Der convex-concave oder negative Meniscus (F).

Hinsichtlich ihrer Verwendung gilt für sie ganz dasselbe wie für die sphärischen. Die plan-convexen und plan-concaven geben die grösste Aberration, die bi-convexen und bi-concaven sind (wenn nicht zu stark) im Allgemeinen sehr brauchbar, und die Menisken haben den Vorzug, periskopisch zu sein.

Von den einfach cylindrischen Gläsern braucht man die von $^1/_{50}$ c bis $^1/_5$ c, und von $-$ $^1/_{50}$ c bis $-$ $^1/_5$ c, d. h. von 50 bis 5 Pariser Zoll sowohl negativer als positiver Brennweite. Dass diese Brennweite nur für eine rechtwinklig auf der cylindrischen Krümmungsachse stehende Ebene gilt, und dass in einer durch die Achse gelegten Ebene die Brennweite unendlich ist, braucht hier wohl kaum bemerkt zu werden: diese Linsen lassen daher auch in letzterer Richtung die Brennweite eines dioptrischen Apparates, mit dem sie verbunden werden, unverändert.

Ihre Art und ihre Stärke drücken wir, wie man schon gesehen haben wird, durch dieselbe Formel wie für sphärische Gläser aus, nur unter Hinzufügung von c.

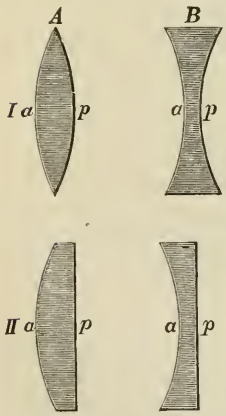
II. Bi-cylindrische Gläser (Fig. 165). Diese haben zwei cylindrische Krümmungsflächen mit rechtwinklig zu einander liegenden Achsen. Sind beide Flächen zwar cylindrisch geschliffen, aber ihre Achsen parallel, so gehören sie zu den oben bereits beschriebenen einfach cylindrischen, sei es zu den bi-convexen oder bi-concaven oder zu den Menisken (Fig. 164 *A*, *C*, *D* und *F*). Bei den bi-cylindrischen ist in der Regel die eine Fläche convex, die andere concav, sowie es die beiden Durchschnitte (Fig. 165 I *a*, II *p*), deren jeder durch eine der Achsen geht, darstellen. Solche bi-cylindrische Gläser machen also parallel auffallende Lichtstrahlen in der Ebene der einen Achse convergent, in der Ebene der andern divergent. Ihre Wirkung kann ausgedrückt werden durch die mittelst des Zeichens eines rechten Winkels ⌐ untereinander verbundenen Formeln für jede der beiden Flächen. Eine bi-cylindrische Linse von 12″ positiver Brennweite für eine zur Achse der convex-cylindrischen Fläche lothrechte Ebene, und von 24″ negativer Brennweite für eine solche zur Achse der concav-cylindrischen Fläche lothrechte, wird daher bezeichnet durch:

Fig. 165

$$\frac{1}{12}\,c\,\lceil\,-\,\frac{1}{24}\,c.$$

III. Sphärisch-cylindrische Gläser. Bei diesen Gläsern hat die eine Fläche eine sphärische (Fig. 166, I und II *a a*), die andere eine cylindrische Krümmung (I und II *p p*). Zur Anwendung kommen nur solche, deren beide Flächen entweder convex (*A*) oder concav (*B*) sind. Man kann sich diese Linsen denken als Combination einer plan-cylindrischen mit einer plan-sphärischen, welche beide man denn auch wirklich erhält, wenn man eine sphärisch-cylindrische Linse senkrecht zur Achse der sphärischen Fläche durchschneidet. Die Wirkung einer sphärisch-cylindrischen Linse ist gleich der der genannten Combination und kann durch die mittelst eines Combinationszeichens ⌒ verbundenen Formeln jeder der beiden Flächen ausgedrückt werden. Hat die sphärische Krümmung als plan-concave Linse eine Brennweite von 12″, die cylindrische Krümmung als plan-convexe Linse eine Brennweite von 24″, so schreiben wir

Fig. 166.



$$\frac{1}{12}\,s\,\frown\,\frac{1}{24}\,c,$$

was bedeutet, dass die positive Brennweite für einen durch die Achse der cylindrischen Fläche gelegten Durchschnitt 12″, für einen lothrecht darauf stehenden Durchschnitt ($^1/_{12} + {}^1/_{24} = {}^1/_8$) 8″ beträgt. Hat die sphärische Fläche als plan-concave Linse $-\,{}^1/_{18}$, die cylindrische als plan-cylindrische $-\,{}^1/_9$, so gibt die combinirte sphärisch-cylindrische Linse

$$-\,\frac{1}{18}\,s\,\frown\,-\,\frac{1}{9}\,c,$$

wobei die negative Brennweite in der Achse der cylindrischen Fläche 18″, lothrecht auf diese Achse ($^1/_{18} + {}^1/_9 = {}^1/_6$) 6″ beträgt.

Es ist nun leicht ersichtlich, welche cylindrischen Gläser den verschiedenen Formen von Astigmatismus (vergl. p. 406) entsprechen. Wir stellen uns dabei die Aufgabe, gleichzeitig mit dem Astigmatismus die Ametropie zu corrigiren, d. h. den Fernpunkt in unendliche Ferne zu bringen ($R = \infty$). Wir finden dann:

1. Der einfach myopische Astigmatismus wird durch eine einfache negativ cylindrische Linse (Fig. 164 *D*, *E*, *F*) von einer dem Grad des Astigmatismus entsprechenden Brennweite corrigirt:

$$Am = \frac{1}{6}$$

durch Gläser von $-\frac{1}{5^1/_2}\,c$, in $^1/_2$″ Entfernung vom Knotenpunkt.

2. Der zusammengesetzte myopische Astigmatismus erfordert eine negative sphärisch-cylindrische Linse; so wird (die Entfernung zwischen Glas und Knotenpunkt nicht mit in Rechnung gezogen)

$$M\,\frac{1}{20} + Am\,\frac{1}{20}$$

corrigirt durch

$$-\frac{1}{20}\,s \smile -\frac{1}{20}\,c \text{ (vergl. Fig. 166 } B).$$

3. Der einfach hypermetropische Astigmatismus Ah wird durch einfach convex-cylindrische, dem Grad des Astigmatismus entsprechende Gläser corrigirt. Bei

$$Ah = \frac{1}{8}$$

gebrauchen wir also ein Glas von

$$\frac{1}{8^1/_2}\,c,$$

in $^1/_2$″ Entfernung vom Knotenpunkt.

4. Der zusammengesetzte hypermetropische Astigmatismus erfordert positive sphärisch-cylindrische Linsen.

$$H\,\frac{1}{18} + Ah\,\frac{1}{9}$$

wird corrigirt (die Entfernung zwischen Glas und Knotenpunkt nicht mit in Rechnung gezogen) durch

$$\frac{1}{18}\,s \frown \frac{1}{9}\,c.$$

5. Den gemischten Astigmatismus endlich heben bi-cylindrische Gläser:

$$Amh = \frac{1}{8},$$

zusammengesetzt aus

$$M\,\frac{1}{12} + H\,\frac{1}{24},$$

wird corrigirt durch

$$\frac{1}{24}\,c \sqsubset -\frac{1}{12}\,c$$

und

$$Ahm = \frac{1}{18},$$

zusammengesetzt aus

$$\frac{1}{12} H + \frac{1}{24} M,$$

durch

$$\frac{1}{12} c \sqcap - \frac{1}{24} c.$$

Diese kurzen Beispiele geben eine Richtschnur für die Wahl der Gläser, wenn mit dem Astigmatismus zugleich die Ametropie corrigirt werden soll. Aber nicht immer ist es wünschenswerth, diess doppelte Ziel zu verfolgen. Während durch die Correction des Astigmatismus das Sehvermögen unter allen Umständen gewinnt, und man hiermit unbedenklich vorgehen kann, so ist es doch oft nicht angezeigt, das Auge zugleich auf Emmetropie zu reduciren. Was diese Reduction anlangt, so gelten hier bei Complication mit Astigmatismus dieselben Regeln, welche bei Ametropie im Allgemeinen Anwendung finden, und die wir im Detail bei Gelegenheit der Hypermetropie (§ 23) und Myopie (§ 32) besprochen haben.

Es bleibt desshalb nur übrig anzugeben, auf welche Weise, wenn einmal festgestellt ist, in welche Entfernung R gebracht werden soll, bei Complication mit Astigmatismus das nöthige Glas durch Rechnung zu finden ist.

Bei der Bestimmung des Astigmatismus sind wir von der Untersuchung des Refractionszustandes in den beiden Hauptmeridianen ausgegangen. Daraus wurde dann die gemeinschaftliche Ametropie abgeleitet und der Grad des Astigmatismus als selbständige Grösse hinzugefügt. So fanden wir die Formel für den zusammengesetzten sowohl hypermetropischen, als myopischen Astigmatismus. Kehren wir nun zu den beiden Hauptmeridianen zurück, so ist die Methode die Gläser zu finden, welche, indem sie den Astigmatismus corrigiren, zugleich in allen Meridianen R den verlangten Werth geben, sehr einfach. R einen Werth geben von 40″, 20″, 12″ bezeichnet nichts Anderes, als dem Auge eine Myopie mittheilen von, oder die bestehende Myopie reduciren auf $^1/_{40}$, $^1/_{20}$, $^1/_{12}$. Wir haben also von der gefundenen Refraction in den beiden Hauptmeridianen den gewünschten Grad von Myopie nur zu subtrahiren, und geben wir dann die Gläser, welche die dabei übrigbleibende Ametropie in jedem der Meridiane vollständig corrigiren, so erhalten wir gerade den verlangten Grad von Myopie.

Zur Erklärung mögen folgende Beispiele dienen:

1. Es sei gefunden:

Im Hauptmeridian H, Emmetropie,
„ „ V, $M = \frac{1}{6}$,

und man will R auf 18″ verlegen, so erhalten wir durch Subtraction

in H, Emmetropie $- M\frac{1}{18} = H\frac{1}{18}$,
„ V, $M\frac{1}{6} - M\frac{1}{18} = M\frac{1}{9}$;

zur Correction wird also ein bi-cylindrisches Glas erfordert von:

$$\frac{1}{18}\ c \sqsubset\ -\ \frac{1}{9}\ c.$$

2. Es sei im Hauptmeridian H, $M = \frac{1}{20}$,

„ „ „ „ V, $M = \frac{1}{10}$,

und man verlangt R auf 20″ zu bringen, so erhält man durch Subtraction von $M = {}^1/_{20}$

$$\text{in } H,\ M\,\frac{1}{20} - M\,\frac{1}{20} = \text{Emmetropie},$$

$$\text{in } V,\ M\,\frac{1}{10} - M\,\frac{1}{20} = M\,\frac{1}{20},$$

so dass der Zweck erreicht wird durch ein einfach cylindrisches Glas von $-\ {}^1/_{20}\ c.$

3. In H sei $H = \frac{1}{6}$,

in V sei $H = \frac{1}{18}$,

man verlangt zum Lesen, Schreiben u. s. w. R auf 18″ zu bringen, dann finden wir durch Subtraction

$$\text{in } H,\ H\,\frac{1}{6} - M\,\frac{1}{18} = H\,\frac{1}{4\frac{1}{2}},$$

$$\text{in } V,\ H\,\frac{1}{18} - M\,\frac{1}{18} = H\,\frac{1}{9},$$

was corrigirt wird (vergl. pag. 427, unter 4) durch

$$\frac{1}{9}\ s \frown \frac{1}{9}\ c.$$

4. In einem Fall von gemischtem Astigmatismus sei

$$\text{in } V,\ M = \frac{1}{12},$$

$$\text{in } H,\ M = \frac{1}{24};$$

und man verlangt R in 24″, so erhält man durch Subtraction

$$\text{in } V,\ M\,\frac{1}{12} - M\,\frac{1}{24} = M\,\frac{1}{24},$$

$$\text{in } H,\ H\,\frac{1}{24} - M\,\frac{1}{24} = H\,\frac{1}{12},$$

so dass man also den angegebenen Zweck erreicht durch ein bi-cylindrisches Glas von

$$\frac{1}{12}\ c \sqsubset\ -\ \frac{1}{24}\ c.$$

Man kann den hier beschriebenen einigermaassen complicirten Weg in allen Fällen einschlagen, aber nicht immer ist diess nöthig. Besteht nämlich bei zusammengesetztem myopischen Astigmatismus eine hochgradige Myopie, welche man nur zum Theil zu neutralisiren wünscht, so braucht man nur die Myopie auf den gewünschten Grad zu reduciren; wünscht man z. B. bei $M\ {}^1/_6 + Am\ {}^1/_{12}$, $M\ {}^1/_{18}$ übrig zu behalten, so wird man diess erreichen, wenn man $M\ {}^1/_{18}$ subtrahirt, und daher nur $M\ {}^1/_9 + Am\ {}^1/_{12}$ durch

— $^1/_9$ *s* ⌒ — $^1/_{12}$ *c* corrigirt. Ebenso braucht man bei zusammengesetztem hypermetropischem Astigmatismus zu der zu corrigirenden Hypermetropie nur den gewünschten Werth von *R* zu addiren. So wird bei

$$H\frac{1}{18} + Ah\frac{1}{9}$$

R auf 18″ gebracht werden durch:

$$\frac{1}{9}\ s \smile \frac{1}{9}\ c.$$

Bei allen diesen Berechnungen haben wir die aus der Entfernung zwischen Glas und Knotenpunkt sich ergebende Correction der Einfachheit wegen bei Seite gelassen; es ist ja auch, wenn es sich nicht um besonders starke Gläser handelt, diese Differenz so klein, dass sie sich in praxi kaum bemerklich macht.

Beim Gebrauch cylindrischer Gläser ist es von grösster Wichtigkeit, dass die Achsen der Krümmungsflächen in den Hauptmeridianen des dioptrischen Apparates des Auges liegen. Selbst eine geringe Abweichung verursacht, besonders bei Anwendung starker Gläser, schon eine sehr merkbare Störung. Am besten nun erreicht man diesen Zweck, wenn man rund geschliffene Gläser in ein Brillengestell mit runden Ringen setzen lässt, wobei dann durch Herumdrehen der Gläser die Achse der cylindrischen Fläche leicht in die gewünschte Richtung gebracht werden kann. Durch kleine Bewegungen des ganzen Gestelles erfährt man bald, in welcher Richtung man das Glas drehen muss, und der Beweis, dass es genau die richtige Stellung einnimmt, liegt darin, dass bei geringer Lageveränderung des Gestelles nach der einen oder andern Seite hin die Correction weniger vollkommen, das Sehvermögen weniger scharf ausfällt. Hat man einmal die richtige Stellung für runde Gläser gefunden, so kann man dieselben unter Beibehaltung der Achsenrichtung auf Verlangen oval schleifen und in ein anderes Gestell fassen lassen. Dass es bei Anwendung cylindrischer Gläser ein Haupterforderniss ist für ein gut sitzendes, wenig bewegliches Gestell zu sorgen, ist in dem oben Gesagten bereits enthalten.

Die Correction des regelmässigen Astigmatismus durch cylindrische Gläser kann keine absolute Vollkommenheit erreichen. Abgesehen von der Amblyopie, welche, unabhängig vom lichtbrechenden Apparat, viele Fälle von Astigmatismus complicirt, muss die Sehschärfe bei der genauesten Correction schon desshalb zu wünschen übrig lassen, weil die Asymmetrie des astigmatischen Auges dem Effecte einer cylindrischen Linse nicht ganz und gar gleichwerthig ist. Ohnehin ist die Correction nur der Art, dass die hinteren Brennpunkte der verschiedenen Meridiane zusammenfallen, ohne dass diess auch für die übrigen Cardinalpunkte der Fall wäre. Ein Zusammenfallen der Knotenpunkte in den verschiedenen Meridianen ist kaum zu erreichen. Liegen sie in den Hauptmeridianen der schwächsten Krümmung zu weit nach hinten, so bringt sie die Correction durch eine bi-convexe cylindrische Linse zu weit nach vorn, vor die der am stärksten gekrümmten Meridiane, und umgekehrt werden sie, wenn sie zu weit nach vorn liegen, bei der Correction durch eine bi-concave cylindrische Linse zu weit nach hinten gebracht. Diess ist der Grund, warum bei der Correction des Astigmatismus die Objecte verlängert erscheinen in einer Richtung, welche derjenigen, in welcher diese Verlängerung vorher stattfand, entgegengesetzt ist. Diese zu grosse Verschiebung der Knotenpunkte fällt um so geringer aus, je näher an der Hornhaut die cylindrischen

Gläser sich befinden, und schon desshalb ist es wünschenswerth, bei der Anwendung sphärisch-cylindrischer Gläser diejenige Seite dem Auge zuzuwenden, durch die der Knotenpunkt der cylindrischen Fläche dem Auge am nächsten zu liegen kommt. Sind beide convex oder concav, so kehre man die am schwächsten gekrümmte, ist die eine convex, die andre concav, die concave dem Auge zu. — Die Formveränderung durch cylindrische Gläser ist auch wohl die Ursache, warum man bei der Untersuchung, wie stark die anzuwendenden Gläser sein müssen, mit weniger gutem Erfolg als bei sphärischen Gläsern sich darnach richten kann, in welcher Weise sich die Sehschärfe bei Veränderung der Entfernung des Glases vom Auge verändert; fast immer wird das Glas, sowohl das convexe, sei es auch zu schwach, als das concave, sei es auch zu stark, dicht am Auge verlangt. Man sieht übrigens leicht ein, dass, besonders beim Gebrauche cylindrischer Gläser, die Entfernung zwischen Auge und Glas gering sein muss; denn es werden ja, in dem Maasse als diese Entfernung wächst, die Bilder in der einen Richtung immer kleiner und kleiner, in der andern immer grösser, und unter diesem doppelten Einfluss muss die Formveränderung sich stark bemerkbar machen. Es ist ferner noch zu bemerken, dass bei einigen Bewegungen des Auges, welche mit einer Drehung um die Sehachse verbunden sind, die Richtung der Achsen der cylindrischen Flächen nicht mehr vollkommen mit den Hauptmeridianen zusammenfallen und die Correction daher ungenügend wird; hieraus folgt denn, dass beim Gebrauche cylindrischer Gläser das Auge, um nicht an Sehschärfe zu verlieren, seine Bewegungen einigermaassen beschränken muss. Indessen verursacht jedes Brillenglas schon als solches eine gewisse Beschränkung, welche aber, wie die Erfahrung lehrt, in diesem Falle keine besonderen Beschwerden macht.

Endlich, um nichts zu verschweigen, erwähnen wir noch, dass die Accommodationsveränderungen im astigmatischen Auge, besonders nach Correction der Asymmetrie, in den beiden Hauptmeridianen keine ganz übereinstimmenden Accommodationsbreiten repräsentiren, so dass die Correction nicht für alle Accommodationszustände gleich vollkommen sein kann. Diese Differenz ist indessen so gering, dass sie in praxi keine Unannehmlichkeiten verursacht.

Wie bereits früher erwähnt, war Airy einer der ersten, welcher den abnormen Astigmatismus entdeckte, und zwar an seinem linken Auge; er erkannte sogleich, dass ein cylindrisches Glas die Asymmetrie corrigiren könne, und fand denn auch durch ein solches Glas die Sehstörung verbessert. Der Form nach gehörte sein Astigmatismus zum zusammengesetzt myopischen. Airy sah ein, dass der Zweck zu erreichen sein würde durch concav-cylindrische Gläser mit rechtwinklig zu einander liegenden Achsen, von denen jedes der in den Hauptmeridianen zu corrigirenden Myopie entspräche. Aber mit Recht gab er einem negativ sphärisch-cylindrischen Glase den Vorzug, dessen concav-sphärische Fläche die gemeinschaftliche Myopie der Hauptmeridiane, das concav-cylindrische den noch übrig bleibenden einfachen Astigmatismus corrigirte. Und wirklich braucht man niemals bi-cylindrische Gläser (mit gekreuzten Achsen), deren beide Flächen convex oder concav wären: allemal können sie durch sphärisch-cylindrische auf vortheilhafte Weise ersetzt werden. Die in der Schweiz gebräuchlichen und bei den Uhrmachern allgemein verbreiteten bi-cylindrischen Lupen, deren gewölbte Flächen mit gekreuzten Achsen gleiche Krümmung besitzen, kommen in ihrer Wirkung nahezu überein mit bi-convexen sphärischen Gläsern. Die Uhrmacher behaupten, dass dieselben ein grösseres Gesichtsfeld hätten, in Wahrheit ist das Gesichtsfeld grösser in der Richtung der Achse der dem Auge zugekehrten Fläche, kleiner dagegen in der entgegengesetzten Richtung, so dass die Form desselben ein Oval ist, welches beim Drehen der Lupe der Bewegung folgt. Diese Lupen können mit periskopischen sphärischen Gläsern um so weniger wetteifern, als die Formen der seitwärts gesehenen Objecte sich durch dieselben in eigenthümlicher Weise verzogen darstellen.

Wir wollen endlich nicht unterlassen, zu bemerken, dass der regelmässige Astigmatismus auch auf operativem Wege corrigirt werden könnte. Die Iridodesis, eine hauptsächlich durch Critchett in Gang gebrachte Operation, würde dazu anwendbar sein, und besonders die doppelte Iridodesis, wie sie von Bowman und Anderen bei Keratokonus vollzogen wird. Die Pupille wird nämlich durch dieselbe in eine schmale Spalte verwandelt, und entspricht die Richtung der Spalte einem der beiden Hauptmeridiane, so wird die von der Asymmetrie abhängige Aberration

hinreichend ausgeschlossen sein. Den Nutzen dieser doppelten Iridodesis bei Keratokonus kann ich nicht einsehen; hier ist ja nicht die Differenz der Krümmung in verschiedenen Meridianen, sondern die konische Krümmung in allen Meridianen die Ursache der Sehstörung. Dagegen würde dieselbe bei Krümmungsdifferenz verschiedener Meridiane, d. h. bei regelmässigem Astigmatismus, die Sehschärfe gewiss erhöhen. Da wir jedoch durch cylindrische Gläser die gewünschte Correction erreichen können, so bin ich, in Hinblick auf das mehr oder weniger Gefährliche der Operation und nicht minder wegen der dadurch gesetzten Entstellung weit davon entfernt, dieselbe etwa empfehlen zu wollen.

§ 39. Nosologie und Casuistik des Astigmatismus. — Geschichte unserer Kenntniss des Astigmatismus.

Der Astigmatismus ist entweder angeboren oder erworben. In bei Weitem den meisten Fällen ist er angeboren. Ist er erworben, so ist er klinisch als eine andere Krankheitsform aufzufassen, welche für sich abzuhandeln ist. Zuerst beschäftigt uns:

I. Der angeborene Astigmatismus. Diese Anomalie kommt mannigfach vor. In der kurzen Zeit von acht Monaten, seitdem meine Aufmerksamkeit darauf gerichtet war und jeder zweifelhafte Fall gehörig darauf untersucht wurde, habe ich mehr als vierzig Fälle beobachtet. Eine genügende Statistik fehlt mir noch, aber gewiss ist es keine Uebertreibung, wenn ich behaupte, dass unter 40 bis 50 Augen eines durch Astigmatismus in seiner Function beeinträchtigt ist.

Eine Grenze zwischen normalem und abnormem Astigmatismus besteht nicht. Wenn er eine Höhe von $^1/_{40}$ ereicht, habe ich ihn abnorm genannt, da die Sehstörung dann von der Art ist, dass cylindrische Gläser zu ihrer Beseitigung wünschenswerth sind. Uebrigens aber ist es klar, dass die angegebene Grenze ziemlich willkührlich ist. Bei viel geringeren Graden ist die Sehschärfe nicht mehr vollkommen. So war ich früher der Ansicht, dass ein Astigmatismus von ungefähr $^1/_{100}$, wie er bei meinen beiden Augen vorhanden ist, unter keinen Umständen der Deutlichkeit des Bildes Abbruch thäte und daher auch keine Correction zuliesse, und doch habe ich mich überzeugt, dass $^1/_{80}$ *c* (das schwächste Glas, welches ich besitze) bei senkrechtem Stand der Achse vor meinem Auge die Schärfe des Bildes ganz unverkennbar erhöht, während umgekehrt bei horizontalem Stand der Achse dieselben Gläser eine ziemlich beträchtliche Störung verursachen. Durch Zuhülfenahme von $^1/_{40}$ *c* mit verticaler Achse wird dann wieder eine deutliche Verbesserung zu Wege gebracht. Wir sehen hieraus wieder, dass Knapp einen zu hohen Grad von *As* noch als normal betrachtet.

Die 40 erwähnten Fälle hatten einen Astigmatismus von $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{4\frac{1}{2}}$. Bei den meisten betrug er mehr als $^1/_{15}$, bei sehr vielen mehr als $^1/_{10}$.

Der Astigmatismus ist manchmal erblich. Nicht selten leidet eines der Eltern an demselben Gebrechen. Häufiger noch kommt es vor, dass mehrere Kinder derselben Eltern diese Anomalie zeigen und zwar meistens in übereinstimmender Form; wir sind dann ebenso sehr berechtigt, den Zustand erblich zu nennen, als wenn er bei einem der Eltern vorkommt.

In der Mehrzahl der Fälle sind beide Augen mit dem Leiden behaftet, oft genug ist jedoch das eine ganz oder fast ganz verschont geblieben. Herr R. hat auf beiden Augen Ah zwischen $^1/_6$ und $^1/_7$; bei seinem Bruder besteht $Ah = \frac{1}{9{\cdot}5}$ in ganz übereinstimmender Form nur auf dem einen Auge; sein linkes Auge ist fast vollständig frei von Astigmatismus. Merkwürdig ist es, dass bei einer solchen Verschiedenheit beider Augen gewöhnlich die obere Hälfte des Gesichtes gleichfalls asymmetrisch ist. Auch wo ein hoher Grad von Ametropie nur an einem Auge vorkommt, ist Asymmetrie der die Augenhöhle begrenzenden Knochen eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Diese hängt mit den Eigenthümlichkeiten der Gesichtsbildung bei Myopen und besonders bei Hypermetropen zusammen — ein wichtiger Gegenstand, welcher mich bereits seit geraumer Zeit beschäftigt, auf den ich jedoch hier nicht näher eingehen will.

Bisher sind mir viel mehr Fälle von abnormem Astigmatismus bei Männern vorgekommen als bei Frauen. Ich halte mich indess nicht zu der Annahme berechtigt, dass dabei kein Zufall im Spiele sei. Die Zukunft muss darüber entscheiden.

Was das Lebensalter anlangt, so ist es klar, dass dasselbe keinen Einfluss ausüben kann. So lange das Accommodationsvermögen lebhaft wirksam ist, ist die durch einen mässigen Grad von Astigmatismus verursachte Sehstörung weniger hinderlich. Desshalb melden sich leichte Fälle gewöhnlich erst dann, wenn die Accommodationsbreite (gegen das dreissigste Jahr) bereits merklich verringert ist, während bei hohen Graden von Astigmatismus die Sehstörung schon frühzeitig bemerkt, und nicht selten schon vor dem siebenten Jahr augenärztliche Hülfe gesucht wird. Andererseits wird im höheren Alter in Folge des Kleinerwerdens der Pupille ein gewisser Grad von Astigmatismus weniger störend. Bei alledem behält aber der Astigmatismus nahezu seinen ursprünglichen Grad bei.

Die mit dieser Anomalie verbundene Sehstörung ist ganz eigenthümlich. Sie ist weder mit derjenigen gleichzustellen, welche von Veränderungen der Netzhaut (Amblyopie) oder von Verdunkelungen der durchsichtigen Medien, noch selbst mit der, welche von Ametropie herrührt. Bei den gewöhnlichen Formen von Amblyopie ist die Projection im Gesichtsfeld unsicher und wird nicht genau angegeben; Verdunkelungen veranlassen durch das über die Netzhaut ausgegossene diffuse Licht einen Nebel vor den Augen, welcher an den Gegenständen den Contrast zwischen Hell und Dunkel vermindert; bei einem Brechungszustande, welcher der Entfernung, in der sich die Gegenstände befinden, nicht entspricht, wird jeder Punkt durch einen Zerstreuungskreis wiedergegeben und durch das gegenseitige Uebereinandergreifen dieser zahllosen Kreise werden die Umrisse der Gegenstände verwischt. Bei Astigmatismus dagegen ist, im Gegensatz zu Amblyopie, die Projection im Gesichtsfeld vollkommen scharf und wird mit Genauigkeit angegeben: so wird der Astigmatiker bis in die kleinsten Einzelheiten beschreiben, unter welchen theils schwarzen theils grauen Linien eine Figur, z. B. der zusammengesetzte lateinische Buchstabe **W**, erscheint. Aber das Netzhautbild selbst, obgleich durch die Projection gleichsam unverändert vor das Auge gestellt, weicht in Bezug auf Form und Lichtvertheilung so sehr von dem Objecte ab,

dass er nicht im Stande ist dieses aus jenem zu erkennen, am allerwenigsten, wenn die Bilder verschiedener benachbarter Objecte einander decken und die sie zusammensetzenden Linien sich in allerlei Richtungen und mit verschiedenen Graden von Deutlichkeit überkreuzen. Offenbar spielt auch der unregelmässige Astigmatismus hierbei eine grosse Rolle; er veranlasst in den Meridianen, in welchen die Refraction am meisten von dem verlangten Accommodationszustand abweicht, Doppelbilder, welche die Verwirrung noch ungemein vergrössern. Sehr begreiflicher Weise hat das Bestreben, aus den wechselnden Bildern, welche durch Veränderung der Accommodation zum Vorschein kommen, die Form der Objecte zu errathen, bald eine psychische Ermüdung zur Folge, mit welcher sich unter Umständen auf Grund übermässiger Accommodationsanspannung Erscheinungen von Asthenopie verbinden. Kein Wunder also, dass Astigmatiker sich über die Correction ihrer Anomalie so ausserordentlich freuen und diess noch lebendiger an den Tag legen als blosse Ametropen.

Es wurde oben bereits erwähnt, dass der regelmässige angeborene Astigmatismus in der Regel seinen Grund in einer Asymmetrie der Cornea hat, während die Fälle, in welchen die Linse die Hauptrolle spielt, zu den seltensten Ausnahmen gehören.

A. Bei dem angeborenen regelmässigen Astigmatismus der Cornea haben wir nun hinsichtlich der Refraction in den beiden Hauptmeridianen drei Formen zu unterscheiden (vergl. pag. 405), den myopischen, den hypermetropischen und den gemischten. Jeder derselben hat seine Eigenthümlichkeiten, die am besten ans Licht treten werden, wenn wir nach einer kurzen Einleitung von jeder Form einen oder mehrere Fälle beschreiben.

1. Myopischer Astigmatismus. — Hiervon haben wir zwei Formen kennen gelernt, *a.* den einfachen myopischen Astigmatismus Am, wenn Emmetropie in dem einen Hauptmeridian sich mit Myopie in dem andern combinirt; *b.* den zusammengesetzten myopischen Astigmatismus $M + Am$, wenn in beiden Hauptmeridianen Myopie und zwar in verschiedenen Graden anwesend ist. Zur letzteren Form gehört z. B. der Fall von Airy.

Anfangs vermuthete ich, dass myopischer Astigmatismus nur ausnahmsweise vorkomme. Die ersten Fälle, welche ich sah, gehörten sämmtlich zur hypermetropischen Form, einzelne zur gemischten. Später änderte sich das Verhältniss, und jetzt glaube ich behaupten zu dürfen, dass unter ungefähr vier oder sechs Fällen von Astigmatismus einer zur myopischen Form gehört. In der Regel jedoch ist es nur

a. Einfacher myopischer Astigmatismus. — Vollkommene Emmetropie in einem der Hauptmeridiane ist aber eine Bedingung, welche man nicht leicht verwirklicht findet. Streng genommen kommen daher Fälle von einfachem myopischem Astigmatismus eigentlich kaum vor.

Soll man aber bei der geringsten Spur von Myopie im zweiten Hauptmeridian die Anomalie als zusammengesetzt myopisch, bei der geringsten Spur von Hypermetropie als zusammengesetzt hypermetropisch auffassen? Das würde, glaube ich, unpraktisch sein. Dem Begriff des einfachen Astigmatismus muss ein gewisser Spielraum gelassen werden. $M = {}^1/_{80}$ bedarf im Allgemeinen keiner Correction, und bei jugendlichen Individuen $H = {}^1/_{80}$ ebensowenig; ein einfach cylindrisches Glas ist dann ganz genügend. Doch

ist es klar, dass wenn die Correction durch ein einfach cylindrisches Glas ein wenig *H* oder *M* übrig liess, beim Abnehmen der Accommodation, respective früher oder später als gewöhnlich, die Combination dieses Glases mit einer convex-sphärischen Fläche zum Sehen in der Nähe nöthig werden wird.

Fall I. — Einfacher myopischer Astigmatismus. — Herr O., Student der Theologie, damals 21 Jahre alt, consultirte mich vor 3 Jahren. Ich diagnosticirte Myopie ungefähr = $^1/_{16}$, complicirt mit Amblyopie. Der Grad der Myopie war indessen, wegen der Herabsetzung der Sehschärfe, nicht scharf zu bestimmen. Diese betrug nämlich kaum $^1/_3$, so dass der Kranke gewöhnlichen Druck nur in geringer Entfernung erkennen konnte, wobei ihm die vorhandene Myopie sehr zu Statten kam.

Er hatte grosse hervortretende Augen, klare brechende Medien und eine Spur von Atrophie der Membranen nach aussen von der Sehnervenfläche —, welche übrigens röther als normal war, ohne jedoch gerötheter zu sein, als sie es bei jugendlichen Myopen, welche viel lesen und schreiben, zu sein, pflegt. Er meinte zwar, dass sein Sehvermögen in letzter Zeit abgenommen habe, doch hatte er niemals gut gesehen und sich besonders des Abends nicht lange hintereinander mit Arbeiten in der Nähe beschäftigen können. Bei Myopen ist eine derartige Sehstörung sehr gewöhnlich. Sie hat sich dann aber durchgehends zu einer bestimmten Zeit entwickelt, und zwar in Folge von fortgesetztem Arbeiten mit vornübergebeugter Kopfhaltung, während früher das Sehvermögen in jeder Beziehung vollkommen gewesen war. Ich zweifelte also, ob in diesem Fall der Grund der Amblyopie darin zu suchen sein dürfte, und vergeblich wurden denn auch ableitende Mittel, Heurteloup'sche Blutegel, kalte Douche auf die Augen etc. angewendet. Keine Besserung sehend stellte Patient seine Besuche ein.

Vor einigen Wochen meldete er sich von Neuem. Sein Sehvermögen, erklärte er, liesse soviel zu wünschen übrig, dass er fürchtete seine Studien nicht fortsetzen zu können. Er wünschte, ehe er darüber zu einem Entschluss käme, mich noch einmal zu consultiren. Das Krankenjournal ward nachgeschlagen, und ich vermuthete sogleich, dass hier früher von mir übersehener Astigmatismus im Spiele sein würde.

Bei günstiger Beleuchtung sah er mit beiden Augen und mit jedem für sich Nr. I auf $2^1/_2$'' bis 3''. In grosser Entfernung war die Sehschärfe des rechten Auges = $^1/_4$, die des linken = $^1/_5$. Negative Gläser verbesserten, aber relativ wenig, doch wurde einem starken Glase und zwar von — $^1/_{10}$, womit die Sehschärfe bis auf $^2/_7$ stieg, der Vorzug gegeben. Das Vorhandensein von Astigmatismus war hiermit bereits wahrscheinlich geworden.

Wir gingen daher zur Untersuchung mit dem Lichtpunkt über (vergl. p. 383). Das rechte Auge sah den Lichtpunkt als eine ungefähr 30^0 nach Aussen geneigte Linie / und mit Zuhülfenahme von $^1/_{50}$ erschien diese Linie noch länger und schmaler, mit $^1/_{30}$ und mit $^1/_{20}$ dagegen zugleich breiter und mit Nebenlinien complicirt. Mit — $^1/_{40}$ bis — $^1/_{13}$ war das Bild beinahe rund, mit — $^1/_8$ rechtwinklig zur ursprünglichen Richtung verlängert. Es war indessen sehr veränderlich, so dass das Glas, mit welchem das schmalste horizontale Bild zu erreichen war, sich schwer bestimmen liess, um so schwieriger, weil diess Bild keine scharfe Linie, sondern eine in horizontaler Richtung ausgedehnte sehr zusammengesetzte Figur war Nun wurde das Auge mit $^1/_{40}$ bewaffnet und abwechselnd ein negatives Glas vor das positive gehalten, wobei denn die entgegengesetzten Richtungen ein Kreuz bildeten, dessen Linien dann am schmalsten waren, wenn das negative Glas $-\frac{1}{6^1/_2}$ war.

Hiermit war die Richtung der beiden Hauptmeridiane bekannt. Durch eine in der Richtung des horizontalen Hauptmeridians gehaltene Spalte von $1^3/_4$mm Breite stieg die Sehschärfe bis auf $^1/_3$; vor die Spalte gehaltene positive oder negative Gläser brachten keine Verbesserung zu Wege. Dieselbe Spalte, vor den verticalen Hauptmeridian gehalten, gab keine wesentlichen Vortheile, bei Zuhülfenahme von — $^1/_{10}$ stieg die Sehschärfe auf $^1/_3$. Was das Lesen in der Nähe anlangt, so verbesserte sich dieses wenig beim Sehen durch eine horizontale Spalte, ansehnlich dagegen beim Sehen durch eine verticale.

Ein Glas von $^1/_{16}$ *c*, die Achse der Krümmungsfläche in der Richtung des verticalen Hauptmeridians gehalten, liess Nr. I beinahe in doppelter Entfernung, $^1/_{11}$ *c* und $^1/_8$ *c* auf mehr als doppelte Entfernung mit Leichtigkeit lesen; wenn dagegen die Achse der cylindrischen Flächen mit dem horizontalen Hauptmeridian zusammenfiel, konnte selbst Nr. IX nicht mehr entziffert werden. Für die Ferne wurde — $^1/_{10}$ *c*, die Achse mit dem horizontalen Hauptmeridian zusammenfallend, vortrefflich gefunden; die Sehschärfe stieg dabei unter günstigen Umständen auf nahezu $^3/_4$. Der Patient hatte bis dahin nie eine Vorstellung davon gehabt, was scharf sehen heisst, und fühlte sich ausserordentlich glücklich.

Schwarze, 30° nach aussen geneigte Linien wurden auf Entfernung ohne Gläser recht scharf gesehen, während senkrecht darauf gerichtete Linien kaum noch als Linien erkannt wurden. Wurde ein Glas von — $^1/_{10}$ vor das Auge gehalten, so erschienen letztere am schärfsten und konnten die ersteren nur durch Accommodationsanspannung genügend erkannt werden.

Es fehlte an Zeit, um die Krümmungsradien der Hornhaut zu messen. Dass in dieser Membran Asymmetrie bestand, konnte indessen schon aus der Form des Spiegelbildes eines um 30° geneigten Quadrates geschlossen werden.

Die nach aussen von der Sehnervenfläche sichtbare Atrophie der Membranen hat seit der ersten Untersuchung zugenommen. Die in der Richtung des verticalen Hauptmeridians verlaufenden Netzhautgefässe werden im aufrechten Bilde von einem emmetropischen Auge scharf erkannt; um die in der Richtung des horizontalen Meridians verlaufenden im aufrechten Bilde zu sehen, wird ein negatives Glas von etwa — $^1/_{10}$ erfordert. Im umgekehrten Bilde war diese Differenz in Bezug auf die in verschiedener Richtung verlaufenden Blutgefässe schwer zu constatiren.

Das linke Auge zeigt eine merkwürdige Uebereinstimmung mit dem rechten. Auch hier besteht *Am* ungefähr $= {}^1/_{10}$, und war der Hauptmeridian ungefähr um 30° nach Aussen geneigt ⟍. Eine nähere Beschreibung scheint daher überflüssig.

Epicrisis. Der hier beschriebene Fall ist einer von den Tausenden, wo Astigmatismus für Amblyopie gehalten und als solche behandelt wurde. War die zwecklose und eingreifende Behandlung lediglich quälend für den Kranken, so war seine Freude, durch passende Gläser sein Sehvermögen für alle Entfernungen verbessert zu finden, unbeschreiblich gross. Er war gewohnt, auch grosse Schrift stets sehr nahe an das Auge zu halten, einestheils um durch Vergrösserung des Sehwinkels seiner verminderten Sehschärfe zu Hülfe zu kommen, anderntheils um durch die mit der Convergenz und der Accommodationsspannung associirte Verengerung der Pupille, die Zerstreuungskreise zu verkleinern. Von dieser, zum bessern Sehen nothwendigen übermässigen Accommodationsanspannung hängen die Erscheinungen von Asthenopie ab, welche man bei Astigmatikern wahrzunehmen pflegt. Vielleicht ist die nach der Correction des Astigmatismus noch übrig bleibende Amblyopie gleichfalls eine Folge der übermässigen Accommodationsspannung, welche mit der für das Auge so nachtheiligen stark vornübergebeugten Kopfhaltung Hand in Hand ging. — Man wird bemerkt haben, dass der Kranke mit recht starken, negativen, sphärischen Gläsern besser in die Ferne sah: auch diess scheint dem Umstand zuzuschreiben, dass die beim Gebrauch dieser Gläser nothwendige Accommodationsanspannung zu Verengerung der Pupille und daher zu Verkleinerung der Zerstreuungsbilder Veranlassung gab.

Wir haben dem Kranken vorläufig nur Gläser von — $^1/_{10}$ *c* verordnet, womit er auch in der Nähe vollständig gut sah. Seine Accommodationsbreite betrug nahezu $^1/_4$, und da er gewohnt war, sein Accommodations-Vermögen stark anzuspannen, so kann es nicht befremden, dass er anfänglich zum Lesen und Schreiben keine andere Brille verlangte. Es ist indessen vorherzusehen, dass die übermässige Accommodationsanspannung bald beseitigt sein wird; und wird fortgesetztes Arbeiten dann einigermassen beschwerlich, so beabsichtige ich, ihm bi-cylindrische Gläser von

$$\frac{1}{36}\ c \sqsubset - \frac{1}{14}\ c$$

zu verordnen, wodurch der Astigmatismus corrigirt und in allen Meridianen eine geringe Myopie zu Stande gebracht wird. Sollte die Sehschärfe vollkommen werden,

wozu, da übermässige Accommodationsanspannung und gebeugte Kopfhaltung jetzt nicht mehr nöthig sind, wohl einige Aussicht vorhanden ist, so wird er letztere Gläser erst in einem spätern Lebensalter bedürfen.

b. Zusammengesetzter myopischer Astigmatismus. — *M*+ *Am.* Von zusammengesetztem myopischem Astigmatismus habe ich nur einige Fälle gesehen. Sie treten unter der Form von Myopie mit Amblyopie auf, und sind nach der Methode von Airy leicht zu erkennen. Diess erklärt uns, warum diese Form trotz ihrer Seltenheit zuerst entdeckt wurde. Diese Augen sehen verhältnissmässig viel besser in der Nähe als in die Ferne; und durch sphärische negative Gläser, welche die Myopie in dem Hauptmeridian der stärksten Krümmung corrigiren, wird, besonders bei jugendlichen Personen, die Sehschärfe für die Ferne verbessert. Vollkommene Sehschärfe wird jedoch erst durch sphärisch cylindrische Gläser erreicht, während zum Sehen für die Nähe, wenn, wie in dreien der von mir beobachteten Fälle im Hauptmeridian der schwächsten Krümmung die Myopie gering ist, einfache negativ-cylindrische Gläser in der Regel am besten entsprechen.

Fall II. — Zusammengesetzter myopischer Astigmatismus. — Frau F., von Jugend auf kurzsichtig und auf beiden Augen nicht vollkommen scharfsichtig, klagte seit Jahren über dann und wann wiederkehrendes Flimmern vor dem rechten Auge, gefolgt von einer schnell vorübergehenden Sehstörung. Vor ungefähr $^1/_2$ Jahre trat dieses Flimmern von Neuem auf, aber nun war die Sehstörung bleibend. Anfänglich bestand ein den gelben Fleck einnehmendes ziemlich grosses Scotom mit gleichzeitiger Herabsetzung des excentrischen Sehens in der obern Hälfte des Gesichtsfeldes. Nach mannigfachen kleinen Aenderungen in der Form, während der ersten Wochen nach dem Entstehen, ist endlich ein kleines umschriebenes, zum Theil absolut, zum Theil relativ unempfindliches, scharf begränzt zu projicirendes, fast unmittelbar über dem Fixirpunkt gelegenes Scotom übrig geblieben; auch ist in den oberen Theilen des Gesichtsfeldes ein geringer Grad von Torpor vorhanden. Das Auge liest, indessen nicht ohne Mühe, während die über der gelesenen befindliche Zeile grösstentheils unsichtbar ist.

Das Ergebniss der ophthalmoskopischen Untersuchung ist negativ. An der dem Scotom entsprechenden, unten an den gelben Fleck angränzenden Netzhautstelle ist bestimmt nichts Abweichendes zu sehen, und ob das glatte, glänzende Ansehen eines Theiles der Sehnervenfläche als Atrophie aufzufassen ist, ist mindestens sehr zweifelhaft.

Das linke Auge hat ungefähr $M = {}^1/_{11}$, hat aber dabei eine Sehschärfe von nicht mehr als $^1/_3$. Eine ophthalmoskopische Veränderung zeigt sich nicht. Astigmatismus vermuthend, drehte ich, während das Auge mit $-{}^1/_9$ bewaffnet war, $^1/_{24}$ c vor dem Auge rund herum, wobei bei horizontalem Stande der Achse die Sehschärfe unmittelbar auf $^2/_3$ stieg, um bei lothrechten Stand auf $^1/_{10}$ zu fallen. Die Prüfung mit einem Lichtpunkt ergab bei Zuhülfenahme eines schwachen positiven Glases eine Ausdehnung in die Breite; durch ein negatives Glas von $-{}^1/_7$ oder mehr kaum einige Ausdehnung in die Länge. Es bestand viel unregelmässiger Astigmatismus.

Mit Hülfe einer stenopäischen Spalte ward gefunden

$$\text{in } V,\ M = \frac{1}{14{\cdot}5},$$

$$\text{in } H,\ M = \frac{1}{9},$$

was einem Astigmatismus von $\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{14{\cdot}5}\right)$ ungefähr $^1/_{24}$ entspricht.

In der Ferne werden horizontale Streifen besser gesehen als verticale; mit — $^1/_{24}$ werden die horizontalen vollkommen scharf und zugleich die verticalen deutlicher, doch erreichen diese erst mit — $^1/_9$ ihre volle Deutlichkeit.

Ohne Gläser wird Nr. I in einer Entfernung von beinahe 5″ erkannt, mit $^1/_{24}$ *c* bei horizontal gerichteter Achse, wobei in allen Meridianen $M = ^1/_9$ wird, Nr. I in 8″ gelesen; die Hebung der Sehschärfe macht sich sehr bemerklich; Patientin unterscheidet ausdrücklich das einfache Erkennen von dem Scharfsehen der Formen. Das rechte Auge scheint an derselben Form und demselben Grade von *As* zu leiden. — Für beide Augen ward verordnet:

— $^1/_{15}$ *s* ⌒ — $^1/_{24}$ *c*, als Lorgnette für das Sehen in die Ferne, wobei $R = \infty$,

$^1/_{24}$ *c*, wobei *R* in 9″ zu liegen kommt, — sehr geeignet zum scharfen Sehen feiner Objecte,

— $^1/_{20}$ *s* ⌒ — $^1/_{24}$ *c*, wobei *R* in 4 $^1/_2$ Fuss liegt; dieses Glas, um beim Malen benutzt oder je nach Bedürfniss als Brille getragen zu werden.

Ich werde ferner ein Glas schleifen lassen, dessen cylindrische Fläche — $^1/_{24}$ ist, während die sphärische zwei Brennweiten hat (verre à double foyer) nämlich im oberen Theil — $^1/_{20}$, im unteren $\frac{1}{\infty}$ oder — $^1/_{60}$. Hiermit wird der Astigmatismus corrigirt und der Fernpunkt beim Sehen durch den oberen Theil des Glases auf 4 $^1/_2$ Fuss, durch den untern Theil auf 15″ resp. 20″ gebracht werden.

Epicrisis. Oben (pag. 394) habe ich bemerkt, dass in allen von mir untersuchten Fällen von abnormem Astigmatismus ohne Ausnahme der Hauptmeridian des Krümmungsmaximums sich der verticalen Stellung näherte. In dem hier beschriebenen Fall finden wir die Bestätigung der Regel, dass keine Regel ohne Ausnahme ist. Hier fällt wirklich, wie bei Young, das Krümmungsmaximum nahezu mit dem horizontalen, das Krümmungsminimum mit dem verticalen Meridian zusammen. Unsere Patientin war sich nicht bewusst gewesen, weniger scharf zu sehen als andere. Es ist mir daraus wahrscheinlich geworden, dass auch Young, dessen Astigmatismus ungefähr denselben Grad hatte, mit Unrecht sich eine vollkommene Sehschärfe zuschrieb; und wollte man seine vielen scharfen Beobachtungen als Beweis des Gegentheils anführen, so stelle ich dem entgegen, dass unsere Patientin ganz vortrefflich zeichnete und malte. Diess scheinbare Räthsel ist wohl zu lösen. Myopen sind gewohnt, zum Zwecke des schärferen Sehens die Augenlider beinahe ganz zu schliessen: die schmale Augenlidspalte verkleinert die Zerstreuungskreise, besonders in verticaler Richtung. Ist dabei auch Astigmatismus vorhanden, so wirkt eine schmale Augenlidspalte in doppelter Hinsicht vortheilhaft, indem sie nur die Strahlen eindringen lässt, welche in Meridianen von nahezu gleichem Krümmungsradius einfallen. Hieraus folgt, dass, während gewöhnliche Myopen von der Verengerung ihrer Augenlidspalte nur dann Vortheil haben, wenn es sich um das Erkennen entfernter, ausserhalb der deutlichen Sehweite gelegener Objecte handelt, die Astigmatiker ihr Sehvermögen dadurch auch für die Nähe verbessern. Eine sehr schmale Spalte beseitigt die vom Astigmatismus abhängige Störung fast ganz, und würden nicht die Nachtheile von Diffraction und Lichtverminderung an deren Stelle treten, so könnte die Sehschärfe dadurch nahezu vollkommen werden. Unsere Patientin machte denn auch regelmässig von der Verengerung der Lidspalte Gebrauch, selbst beim Sehen in der Nähe, und es ist die Frage, ob nicht auch Young diess gethan habe. Den durch ein cylindrisches Glas erhaltenen Vortheil erkannte sie indess lebhaft an. Kleine Portraits vor allem wurden damit viel schärfer gesehen, und auch Nicht-Astigmatiker können sich dadurch, dass sie ein cylindrisches Glas vor das Auge halten, überzeugen, wie bald die Schärfe eines Portraits darunter leidet.

Das bei Myopie so gewöhnliche Verengern der Augenlidspalte ist den Astigmatikern im Allgemeinen nicht eigen. Bestimmt kommt es beim hypermetropischen Astigmatismus nicht oft vor. Diess scheint darin seine Erklärung zu finden, dass dann im horizontalen Meridian ein hoher Grad von Hypermetropie besteht, welcher, durch die Accommodation nicht überwunden, in dieser Richtung starke Lichtzerstreuung verursacht und desshalb keinen Vortheil gewährt. Könnten die Augenlider eine verticale Spalte frei lassen, so würden die hypermetropischen Astigmatiker ohne Zweifel davon Gebrauch machen.

Das auf dem rechten Auge vorhandene Scotom stand, wie gesagt, mit dem Astigmatismus in keinem Zusammenhang.

Ueber die verordneten Gläser bleibt nur noch wenig zu bemerken übrig: nur einige Worte bezüglich der Gläser à double foyer. Bei alten Leuten mit Hypermetropia aequisita habe ich zuweilen mit vielem Vortheil positive Gläser von $^1/_{30}$ in der oberen, von $^1/_{10}$ bis $^1/_8$ in der unteren Hälfte angewandt. Weiter bei Malern, welche durch den oberen Theil $R = \infty$, durch den unteren = 24″ bis 12″ verlangten und auch wirklich gebrauchten. Unsere Patientin brauchte für die Ferne — $^1/_{14}$ und sah beim Malen über die Brille hinweg. Indem sie dabei ihre Lidspalte verengerte, lag ihr Fernpunkt nicht weiter als in 9″. Diese Entfernung, welche einerseits zu klein war, entschädigte andererseits für den Mangel an Sehschärfe. Ich beabsichtigte, da nun einmal die Gewohnheit bestand, in so geringer Entfernung zu malen, den Fernpunkt nicht weiter als auf 15″ bis 20″ zu bringen. Bis dahin hatte ich noch niemals ein cylindrisches Glas mit einem sphärischen à double foyer verbunden, was jedoch, wie mir scheint, keine Schwierigkeiten machen kann.

2. Hypermetropischer Astigmatismus. — Die meisten Fälle von abnormem Astigmatismus gehören zur hypermetropischen Form. Im Allgemeinen hat die Erfahrung gelehrt, dass bei hypermetropischen Augen, auch wenn der Astigmatismus innerhalb der Grenzen des normalen bleibt, die Asymmetrie grösser ist als bei myopischen und emmetropischen; und es kann darum nicht befremden, dass gerade diese Augen auch am meisten dem abnormen Astigmatismus, und zwar seinen höchsten Graden, unterworfen sind. Sicher kommt die Annahme der Wahrheit ziemlich nahe, dass unter sechs hypermetropischen Augen eines an abnormem Astigmatismus leidet, und dass die mit Hypermetropie so oft verbundene unvollkommene Sehschärfe in der Hälfte der Fälle hauptsächlich von Astigmatismus abhängt.

Der grösste Theil der Fälle gehört zum einfachen hypermetropischen Astigmatismus. Während nämlich in dem horizontalem Meridian die Hypermetropie ansehnlich ist (von $^1/_{30}$ bis zu $^1/_6$ und mehr), findet man in dem verticalen, wenn nicht Emmetropie, so doch so geringe Grade von Myopie oder Hypermetropie, dass die Grenzen des einfachen hypermetropischen Astigmatismus nicht überschritten werden. Inzwischen sind uns auch zahlreiche Fälle von zusammengesetztem hypermetropischem Astigmatismus vorgekommen, selbst bis zu H $^1/_7$ im Hauptmeridian der stärksten (bei H $^1/_5$ in dem der schwächsten) Krümmung. — Bei jugendlichen Personen kommt die Hypermetropie im Meridian des Krümmungsmaximums manchmal erst bei künstlicher Accommodationsparalyse zum Vorschein.

Was die Form des Auges anlangt, so will ich daran erinnern, dass bei hypermetropischem Astigmatismus der Radius ρ^0 der Cornea im horizontalen Meridian oft ungewöhnlich gross ist. Ferner kann man sich bei ausgedehnten Bewegungen des Auges oftmals überzeugen, dass die Sehachse zu kurz und dass die verticale Achse kleiner ist als die horizontale.

In Bezug auf das Sehvermögen charakterisirt sich der Zustand als Hypermetropie mit Herabsetzung der Sehschärfe. Damit ist ein hoher Grad von Asthenopie verbunden. Für eine kurze Zeit kann grosser Druck noch gelesen werden, aber bald tritt Ermüdung ein, manchmal sogar Schmerzen. Einer der Kranken (mit $A\,h$ $^1/_{18}$) 26 Jahre alt, schrieb mir Folgendes: „Mein Beruf ist der eines Bureau-Beamten. Der erste Versuch zur Arbeit war mir am unangenehmsten. Darauf folgte bald Blendung, so dass ich mich am

besten befand, wenn ich die Augen zudrückte und einige Zeit geschlossen hielt. Dann ging das Arbeiten etwas besser; es war mir jedoch nicht möglich, den ganzen Vormittag zu arbeiten, sondern ich musste oft aussetzen. Endlich schmerzten meine Augen, und ich befand am besten mich, wenn ich dann in der freien Luft und geschützt gegen die Sonne eine geraume Zeit spaziren ging. Des Abends bei Gaslicht ging es Anfangs ziemlich gut, bald aber kam ein rother Schimmer. Oftmals musste ich meine Arbeit unterbrechen und ging mit müden und schmerzenden Augen nach Hause." Er bekam $^1/_{18}$ *c* zum Arbeiten und für gewöhnlich zu tragen. Darauf theilte er mir mit: „Beim Gebrauch der Brille empfand ich sofort am ersten Tage eine unglaubliche Besserung (seine Sehschärfe war nämlich von $^2/_7$ auf $^3/_4$ gebracht). Des Morgens fühlte ich keine schmerzhaften Empfindungen, und es war mir leicht, den ganzen Morgen ununterbrochen zu arbeiten. Ich sah alles unendlich schärfer. Abends verursachte mir das Licht nicht die geringste Störung. — In der freien Luft ist, auch wenn ich ohne Brille gehe, alle Schmerzhaftigkeit gehoben. Früher versuchte Brillen (gewöhnliche sphärische) hatten mir nichts geholfen."

Bei hypermetropischem Astigmatismus wird durch positive Gläser das Sehen für die Ferne verbessert, besonders bei der zusammengesetzten Form; aber auch selbst, wenn die Accommodation durch ein Mydriaticum aufgehoben ist, erscheint es unmöglich, den Grad der Hypermetropie genau zu bestimmen. Dieser Umstand lässt schon Astigmatismus vermuthen. Uebrigens werden horizontale Striche in der Entfernung deutlicher gesehen als verticale. Manche haben diess von selbst bemerkt, einzelne theilen es sogar mit, ohne danach gefragt zu sein. In dieser Hinsicht haben wir hier also gerade das Gegentheil von dem, was man bei myopischem Astigmatismus bemerkt: dabei sind in der Entfernung nur die verticalen Linien deutlich. Besonders bei den einfachen Formen von *Am* und *Ah* tritt dieser Gegensatz stark zu Tage. Durch ein sphärisches negatives Glas kann man *Am* in *Ah* und durch ein positives *Ah* in *Am* verändern, wobei dann die Richtung des deutlich gesehenen Streifens sich mit einem Male umkehrt.

a. Einfacher hypermetropischer Astigmatismus. — Einen Fall habe ich beobachtet von

Fall III. — *Am* auf dem rechten, *Ah* auf dem linken Auge. — Herr R. M., Bürgermeister zu O., 38 Jahre alt, konnte früher mit Unterbrechungen lesen und schreiben, obwohl nicht ohne Anstrengung. In der letzten Zeit ist ihm diess fast unmöglich geworden. Vergeblich versuchte er sich durch Brillen zu helfen. Sehr starke Beleuchtung kam ihm noch am meisten zu Statten. Das linke Auge hatte für die Ferne eine Sehschärfe von $^1/_3$, das rechte von $^1/_5$. Ausdrücklich gab er an, dass das linke Auge für die Ferne doppelt sehe, und dass die Striche der nebeneinander stehenden Buchstaben sich untereinander bedecken. Ich vermuthe sofort Astigmatismus. Durch Herumdrehen von $^1/_{16}$ *c* vor diesem Auge wurde bei horizontalem Stande der Achse die Sehschärfe auf $^1/_{18}$ herabgesetzt, bei verticalem Stand zur Vollkommenheit = 1 gebracht. Dasselbe Glas ergab für das rechte Auge durchaus keine Verbesserung, wie auch das Glas gedreht wurde; in der Entfernung blieb alles undeutlich. Und doch wurde gerade mit diesem Auge am besten gelesen. Dass auf dem linken Auge ungefähr $^1/_{16}$ *Ah* bestand, war durch obigen Versuch schon ausgemacht, was dem rechten Auge fehlte, war noch dunkel. Beim Fixiren entfernter Striche erklärte er, mit dem linken Auge die horizontalen deutlich zu sehen; aber nun entdeckte er zugleich, dass er mit dem rechten Auge die verticalen noch ziemlich scharf sah, von den horizontalen dagegen wenig oder nichts

unterscheiden konnte. Ich begriff nun, dass auf dem rechten Auge *Am* bestehen müsse, und wirklich sah er mit — $^1/_{16}$ bei horizontaler Richtung der Achse mit diesem Auge in die Ferne nahezu scharf. Daraus folgte sogleich, dass er mit $^1/_{16}$ bei verticaler Richtung der Achse vortrefflich würde lesen können, in der That wurde Nr. I damit in 1 Fuss Entfernung gesehen, die Sehschärfe war vollkommen. Er theilte mir nun auch mit, dass bei unbewaffneten Augen das linke die Objecte kleiner sehe als das rechte, und bei genauer Betrachtung war es nicht zu verkennen, dass das erstgenannte tiefer lag.

Hiermit war mir auf einem ungewohnten Wege der Zustand der beiden Augen schon sofort hinlänglich klar geworden. Indessen wurde auch die systematische Untersuchung nicht verabsäumt. Den Lichtpunkt sah das rechte Auge als stehenden, das linke als liegenden Streifen; durch — $^1/_{16}$ wurde der erstere in einen liegenden, durch $^1/_{16}$ der letztere in einen stehenden verwandelt; die Hauptmeridiane wichen nicht merkbar von der horizontalen und verticalen Ebene ab. Durch eine in verticaler Richtung gehaltene $1^3/_4$mm breite Spalte hatte das linke Auge für die Ferne $S = ^1/_2$, durch Gläser von $^1/_{80}$ noch etwas zu verbessern; das rechte nur $^1/_3$, durch — $^1/_{18}$ auf $^2/_3$ steigend. In der Nähe dagegen las das rechte Auge sehr bequem durch die verticale Spalte, das linke mühsam. Durch eine horizontale Spalte hatte das rechte Auge für die Ferne eine durch Gläser nicht weiter zu verbessernde Sehschärfe von $^2/_3$; das linke sah damit in die Ferne sehr unvollkommen und verlangte Gläser von $^1/_{16}$ bis $^1/_{13}$. Dass das linke Auge durch die horizontale Spalte beinahe gar nicht, das rechte nur unvollkommen lesen konnte, ist mit allem obenstehenden in Uebereinstimmung.

Aus alledem ergab sich nun:

Rechtes A. in V, $M = ^1/_{18}$
in H, E,
Linkes A. in V, $H = ^1/_{80}$
in H, $H = ^1/_{14}$.

Auf dem rechten Auge war daher *Am* $^1/_{18}$ ohne Complication. Auf dem linken eigentlich $Ah = ^1/_{14} - ^1/_{80} = ^1/_{17}$.

Mit $^1/_{17}$ *c* links und — $^1/_{18}$ *c* rechts wurde in die Ferne gut gesehen, und eine mit diesen Gläsern versehene Brille mit grosser Befriedigung getragen. Dieselbe Brille war zum Lesen ganz ungenügend. Es zeigte sich, dass nur eine geringe Accommodation bestand. Es wurde deshalb nöthig befunden, beim Arbeiten in der Nähe den Fernpunkt R auf 18 bis 20″ zu bringen. Diess liess sich für das rechte Auge durch ein einfach cylindrisches Glas von $^1/_{18}$ *c*, für das linke durch ein sphärisch cylindrisches

$$^1/_{20}\, s \supset ^1/_{18}\, c$$

erreichen.

Epicrisis. Der obenstehende Fall möge lehren, wie man mitunter auf einem mehr directen Wege als durch die systematische Untersuchung zur Erkenntniss des Astigmatismus gelangen kann. Auch die Untersuchung mit dem Augenspiegel hätte unmittelbar darauf hinleiten können. Bei Entspannung der Accommodation sah ich im linken Auge allein die horizontalen, im rechten allein die verticalen Gefässe scharf. Indessen ist es, wenn man nicht schon viele Astigmatiker untersucht hat, zur Ersparung von Zeit besser, sich an die gegebenen Regeln zu halten. Denn nur in Fällen, wo in dem einen der Meridiane vollkommene Emmetropie besteht, kann der Versuch mit cylindrischen Gläsern schneller zum Ziele führen; aber diese Fälle gehören zu den Ausnahmen.

Bei einem späteren Besuch desselben Patienten liess ich ihn durch ein dunkel violettes Glas nach einer viereckigen hellen Oeffnung sehen (vergl. pag. 399). Was ich erwartete, geschah: mit dem rechten Auge sah er den oberen Rand blau, mit dem linken den Aussenrand roth; bei Bewaffnung der Augen mit Gläsern von — $^1/_{30}$ war für das rechte Auge der obere Rand blau, die Aussenränder roth, und für das linke Auge verhielt sich beides gerade umgekehrt.

Oben wurde bereits bemerkt, dass das linke Auge die Objecte kleiner sah, als das rechte. Diess hängt nicht vom Astigmatismus ab. Der Astigmatismus bewirkte, dass die verticalen Dimensionen der Objecte sich für beide Augen vergrössert zeigen mussten (vergl. pag. 397), und diess war auch wirklich der Fall

Dass dagegen die Objecte dem rechten Auge grösser erschienen als dem linken, war die Folge der längeren Sehachse des ersteren Auges. In beiden hatte die Cornea dieselbe Form, höchst wahrscheinlich auch die Linse, und als einziger Unterschied blieb daher eine Differenz in der Länge der Sehachse übrig. Dabei liegt nun der zweite Knotenpunkt im rechten Auge entfernter von der Netzhaut als im linken, und sind daher die Netzhautbilder auf ersterem grösser. Geht hiermit nun keine Ausdehnung Hand in Hand (Atrophie der Membranen wurde mit dem Augenspiegel nicht gesehen), so wird das grössere Netzhautbild auch grösser projicirt.

Hiermit ist die Grössendifferenz, welche die Objecte für beide Augen darbieten, erklärt. Die Grösse der Objecte verändert sich bei der Correction durch Gläser: durch positive verschiebt sich der Knotenpunkt weiter nach vorn, durch negative weiter nach hinten. Beinahe allemal wird man finden, dass, wenn man bei Ungleichheit der Augen R für beide auf gleiche Entfernung bringt, eine Umkehrung in der Grösse der Bilder eintritt: das Auge, welches das stärkere negative oder das schwächere positive Glas gebraucht, sieht nun die Objecte am kleinsten. Ist dieser Unterschied gross, so kann er störend werden, und manchmal muss diess auf Kosten der Deutlichkeit des Sehens für das eine Auge vermieden werden. Dadurch, dass man die Gläser sehr dicht vor dem Auge anbringt, und durch genau berechnete Krümmung für die beiden Flächen der Gläser, wodurch ihre Knotenpunkte bei gleicher Brennweite eine andere Lage erhalten, kann man dafür dann noch zum Theil Abhülfe schaffen.

In dem Falle, der uns hier beschäftigt, wurde durch cylindrische Gläser, wenn sie sich dicht vor dem Auge befanden, der Grössenunterschied der Objecte für beide Augen nahezu corrigirt. Wenigstens ergab sich daraus keine Beschwerde. Nur wenn sie nicht dicht vor der Hornhaut standen, wurde der Grössenunterschied der Bilder einigermaassen störend. Die Ursache liegt wohl darin, dass die Hypermetropie des linken Auges durch die Gläser nicht vollkommen corrigirt wurde und auf dieser Seite mit dem zum Lesen bestimmten Glase der Fernpunkt etwas weiter vom Auge entfernt blieb. Jedenfalls war auch ein geringer Grad von latenter Hypermetropie vorhanden, und obenein gab ich $^1/_{20}$ s anstatt $^1/_{18}$ s. Beim Lesen sah das linke Auge mit diesen Gläsern denn auch weniger scharf als das rechte.

b. Der zusammengesetzte hypermetropische Astigmatismus besitzt neben einem hohen Grad von Hypermetropie im horizontalen Meridian durchgehends einen relativ geringen im verticalen. Selten habe ich in diesem die Hypermetropie grösser als $^1/_{22}$ gefunden; verschiedene Male ungefähr $^1/_{28}$, wobei im horizontalen Meridian die Hypermetropie bis auf $^1/_5$ und mehr steigen kann. Man sieht, dass der zusammengesetzte hypermetropische Astigmatismus sich nicht weit vom einfachen entfernt.

Bemerkenswerth ist es, dass im Allgemeinen die Sehstörung geringer war, als man bei dem Grad des Astigmatismus erwartet haben würde. Im Allgemeinen findet man die Sehstörung dem Grade des Astigmatismus nicht entsprechend: die Grösse der Pupille, ihre Lage in Beziehung zur Hornhaut, ihre Verengerung bei der Accommodation, auch die Form der Krümmung in den verschiedenen Meridianen, endlich die Complication mit unregelmässigem Astigmatismus üben zusammen einen grossen Einfluss aus.

Fall IV. — Zusammengesetzter hypermetropischer Astigmatismus. — Herr R., 18 Jahr alt, hat niemals scharf gesehen. Er gibt an, an den Rändern der Objecte einen Schatten zu sehen; beim Arbeiten sucht er stets starke Beleuchtung, nichtsdestoweniger entstehen bald Erscheinungen von Asthenopie. Trotzdem hat er sich viel mit Studien beschäftigt. Vor einigen Jahren hat er einen Augenarzt consultirt, der die Störung für angeborne Amblyopie und als solche für unheilbar erklärte. Diess erschien um so wahrscheinlicher, als sein Bruder (bei normalem Zustande des rechten Auges) auf dem linken Auge eine mit der auf

beiden Augen unseres Patienten vorhandenen übereinkommende Sehstörung hatte. Bei den Eltern und den übrigen Kindern ist auf beiden Augen die Sehschärfe vollkommen.

Der Kranke wandte sich an mich wegen einer leichten Bindehautentzündung. Diese wich bald, aber es zeigte sich, dass die Sehschärfe des linken Auges nur $^2/_7$, die des rechten in der Nähe $^2/_5$, für die Ferne $^1/_3$ betrug. Die ophthalmoskopische Untersuchung lehrte zuerst, dass die Sehnervenflächen eben so roth waren, wie der Fundus oculi im Allgemeinen, — welche capilläre Hyperaemie in Folge von grosser Accommodationsanstrengung, mit vornübergebeugter Kopfhaltung, besonders bei jugendlichen Patienten sich leicht entwickelt. Zugleich aber bemerkte ich, dass, während die horizontal verlaufenden Netzhautgefässe bei geringer Accommodationsanspannung leicht zu sehen waren, die verticalen mit einer Linse von $^1/_8$ am deutlichsten erschienen. Diess galt für beide Augen. Am Bestehen von Astigmatismus war daher nicht zu zweifeln. Auf die Frage, ob er horizontale und verticale Linien in der Ferne gleich gut sehe, gab er sofort an, bereits früher bemerkt zu haben, dass er die verticalen Linien auf einer Schiessscheibe nur mit ganz horizontal geneigtem Kopf scharf sehen könne.

Die Krümmungsradien der beiden Hornhäute wurden gemessen, zuerst in der horizontalen Ebene (*H*) und zwar in der Sehlinie ρ^0, 10^0 nach der Nasenseite $\rho n'$, 20^0 nach der Nasenseite $\rho n''$, 10^0 und 20^0 nach der Schläfenseite $\rho t'$ und $\rho t''$, und ebenso in der verticalen Ebene (*V*) zuerst in der Sehlinie ρ^0 und darauf 10^0 und 20^0 nach oben $\rho s'$, $\rho s''$ und 10^0 und 20^0 nach unten $\rho i'$ und $\rho i''$. An jeder Stelle wurde der Mittelwerth aus sechs Beobachtungen gezogen. Die berechneten Resultate sind folgende:

		in *H*		in *V*
Rechtes Auge	$\rho n''$	9·80	$\rho i''$	8·04
	$\rho n'$	8·76	$\rho i'$	7·47
	ρ^0	8·32	ρ^0	7·30
	$\rho t'$	8·24	$\rho s'$	7·08
	$\rho t''$	8·61	$\rho s''$	7·82
Linkes Auge	$\rho n''$	10·38	$\rho i''$	7·59
	$\rho n'$	8·58	$\rho i'$	7·43
	ρ^0	8·38	ρ^0	7·38
	$\rho t'$	8·30	$\rho s'$	7·21
	$\rho t''$	8·57	$\rho s''$	7·55

Hieraus ergibt sich zuerst, dass die Cornea einen hohen Grad von Astigmatismus erklärt (die Differenz der Krümmungsradien in der Sehlinie gab für das rechte Auge $As = 1 : 6{\cdot}374$, für das linke Auge $As = 1 : 6{\cdot}8$); zweitens, dass die Excentricität des verticalen elliptischen Durchschnittes, besonders auf dem linken Auge, sehr klein ist; drittens, dass die Form der Krümmung ansehnlich von der Ellipse abweicht; viertens, dass die Sehlinie die Hornhaut in einem sehr weit nach innen und zugleich weit nach unten vom Hornhautscheitel gelegenen Punkte schneidet.

Auf dem rechten Auge wurde die Accommodation durch Sulphas Atropini paralysirt. Die Sehschärfe nahm darauf bedeutend ab und verbesserte sich durch positive Gläser von $^1/_{16}$ bis $^1/_7$ sehr wenig. Die Zerstreuungsbilder eines Lichtpunktes lehrten, dass der verticale Hauptmeridian ungefähr 7 Grad nach aussen, der liegende um ebensoviel nach aussen und unten geneigt war. Mit $^1/_{28}$ bis $^1/_{24}$ wurde die schmalste horizontale Linie gesehen, von welcher indessen zahlreiche Nebenlinien ausgingen; mit $^1/_{12}$ war das Zerstreuungsbild eine liegende Raute $\diamond$, mit $^1/_7$ eine stehende $\diamondsuit$, mit $^1/_9$ eine sehr unregelmässig viereckige, an beiden Seiten eingebogene Figur, die mit $^1/_5$ in eine senkrechte Linie mit centraler Verdickung und zackigen Enden überging, und mit $^1/_3$, bei einem Abstand von $^1/_2$'' vom Auge, am schmalsten wurde. Offenbar bestand viel unregelmässiger Astigmatismus; der regelmässige schien $\frac{1}{4{\cdot}5} - \frac{1}{28} = 1 : 5{\cdot}36$ zu betragen. Indessen fand sich bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel und bei Prüfung mit

cylindrischen Gläsern ein geringerer Grad, nämlich ungefähr $^1/_7$. Offenbar war mit den linienförmigen Zerstreuungsbildern kein scharfes Resultat zu erreichen. Die Methode, den Refractionszustand in den beiden Hauptmeridianen mit Hülfe eines stenopaeischen Schlitzes zu bestimmen, kannte ich noch nicht. Auch besass ich damals erst ein cylindrisches Glas und zwar $^1/_8$. Diess Glas, in höchstens 1″ Entfernung vom Auge, verbesserte die Sehschärfe von $^2/_7$ auf $^2/_3$. Es ist die Frage, ob bei grösserer Auswahl von Gläsern nicht eine noch grössere Sehschärfe zu erreichen gewesen wäre. Wahrscheinlich würde, um Asthenopie ganz auszuschliessen, diess Auge für die Nähe ein sphärisch cylindrisches Glas gebrauchen, während vorläufig für die Ferne ein einfach cylindrisches Glas genügt: bei jugendlicher Accommodationsbreite wird nämlich die dann übrig bleibende Hypermetropie von $^1/_{28}$ leicht genug überwunden.

Vom linken Auge ist nur notirt, dass es gleichfalls in beiden Hauptmeridianen hypermetropisch ist, dass die Sehschärfe für die Ferne $^2/_9$ beträgt, mit $^1/_{24}$ auf $^2/_7$ steigt, und endlich dass Gläser von $^1/_8$ *c* ansehnliche Verbesserung hervorbringen.

Ueber anderweitige Erscheinungen glaube ich mich nicht verbreiten zu müssen. Auf Grund alles früher Mitgetheilten ist man im Stande, sie vorherzusagen, ohne fürchten zu müssen, durch die thatsächlichen Resultate beschämt zu werden. Eine Aufzählung und Analyse würde nur Wiederholung sein. Lieber will ich daher noch einige Punkte besprechen von

Fall V. —, welcher sich auf den Bruder des letzterwähnten Herrn R., Jr., bezieht.

Zuerst, was die Krümmungsradien der beiden Hornhäute anlangt, so fanden wir:

	in *H*	in *V*
Rechtes Auge	$\rho n''$ 9·10	$\rho i''$ 8·42
	$\rho n'$ 8·38	$\rho i'$ 8·10
	ρ^0 8·11	ρ^0 8·10
	$\rho t''$ 8·10	$\rho s'$ 8·27
	$\rho t'''$ 8·10	$\rho s''$ 8·04
Linkes Auge	$\rho n''$ 9·74	$\rho i''$ 8·06
	$\rho n'$ 8·78	$\rho i'$ 7·98
	ρ^0 8·44	ρ^0 7·69
	$\rho t''$ 8·61	$\rho s'$ 7·85
	$\rho t'''$ 8·77	$\rho s''$ 7·63.

Ein Blick auf diese Zahlen lehrt, dass die linke Hornhaut in der Mitte des verticalen Durchschnittes einen viel kleineren Krümmungsradius hat, als in der Mitte des horizontalen Durchschnittes, während für die rechte Hornhaut in beiden Richtungen die Krümmungsradien einander gleich sind. In Uebereinstimmung hiermit ist die Sehschärfe des rechten Auges vollkommen, während sie für das linke nur $^1/_{10}$ beträgt, wobei die noch zu erkennenden grossen Buchstaben derselben Zeile nicht regelmässig auf einer geraden Linie zu stehen scheinen. Ferner ist in beiden Augen die Krümmung der Hornhaut sehr unregelmässig. Erstens ist der Radius 20° oberhalb der Sehlinie noch kleiner als in der Sehlinie, eine Anomalie, die mir bis dahin weder bei gesunden noch bei astigmatischen Augen vorgekommen war, zweitens zeigte es sich, dass im horizontalen Meridian des rechten Auges der Krümmungsradius nach der Schläfenseite hin auf einer grossen Strecke unverändert bleibt. Es ist daher klar, dass aus den gefundenen Werthen keine Ellipsen zu berechnen sind. Es verdient ferner unsre Aufmerksamkeit, dass die Form des Astigmatismus des linken Auges ganz übereinstimmt mit der, welche auf beiden Augen des Bruders beobachtet wurde. Es liegt hier ein hypermetropischer Astigmatismus vor, wahrscheinlich mit Hypermetropie in beiden Meridianen. Wurde auch ein Lichtpunkt ohne Gläser als schmalster horizontaler Streif gesehen, mit $^1/_8$ als schmalster verticaler, so ist doch zu erwarten, dass bei künstlicher Mydriasis zum Sehen des schmalsten horizontalen Streifens ein schwach positives Glas, zum Sehen des schmalsten verticalen ein Glas von mehr als $^1/_8$ nöthig sein würde. Auch die Richtung der Hauptmeridiane, ja sogar

die eigenthümliche Form der Zerstreuungsbilder stimmt in beiden Fällen überein, so dass auch der unregelmässige Astigmatismus keinen merkbaren Unterschied darbot.

Vergleichsweise wurden für das rechte und linke Auge dieses Kranken die kleinsten Entfernungen bestimmt, in welchen verticale und horizontale Drähte des Optometers scharf gesehen wurden: diese Entfernungen betrugen für das rechte Auge $9^1/_8''$ und $6^1/_6''$, mit Gläsern von $^1/_5$, $3^5/_8''$ und $3^1/_{12}''$; für das linke Auge mit Gläsern von $^1/_5$, 8 und $3^1/_4$ Zoll. Die Genauigkeit, mit welcher die Entfernungen angegeben wurden, liess nichts zu wünschen übrig; sehr deutlich gaben diese Zahlen die Differenz der Asymmetrie wieder, ja es ergab sich sogar aus ihnen, dass beide Augen im verticalen Meridian nicht viel von einander abwichen. Dass das rechte Auge, selbst im verticalen Meridian, einige latente Hypermetropie besitzt, ist wegen der weiten Entfernung des Nahepunktes des deutlichen Sehens kaum zu bezweifeln.

Mit einem Cylinderglas von $^1/_{12}$ *c* wurde die Sehstörung des linken Auges beinahe ganz corrigirt, und umgekehrt brachte ein Glas von $-\ ^1/_{11}$ *c* (mit entgegengesetzter Richtung der Achse) auf dem rechten Auge einen mit dem des linken fast übereinstimmenden Zustand hervor. Merkwürdig waren die hierüber angestellten Versuche. Besonders waren bei abwechselndem Hervorbringen und Corrigiren des Astigmatismus auf jedem der beiden Augen die Differenzen in der Form der Objecte und in der Deutlichkeit von Strichen verschiedener Richtung für uns ebenso befriedigend, als überraschend für den Kranken. Was oben bezüglich der scheinbaren Grösse der verschiedenen Dimensionen eines Quadrates vor und nach der Correction des Astigmatismus gesagt wurde, fand hier seine vollkommene Bestätigung.

Unlängst hatte ich Gelegenheit, Herrn R. auf's Neue zu untersuchen und notirte mir noch Folgendes:

Im aufrechten Bild sieht der Emmetrop die horizontalen Netzhautgefässe des linken Auges bei Entspannung seiner Accommodation, die verticalen bei stärkerer Anspannung oder mit Gläsern von $^1/_{10}$. Die Sehnervenfläche zeigt sich im umgekehrten Bilde in die Breite verzogen, was besonders deutlich bei Vergleich mit der Sehnervenfläche des rechten Auges hervortritt

Die Untersuchung mit der stenopaeischen Spalte gibt für den verticalen Hauptmeridian $H = ^1/_{40}$, für den horizontalen $H = ^1/_{10}$. Mit der senkrechten Spalte steigt die Sehschärfe für die Ferne von $^1/_{10}$ auf $^1/_3$, und ein entfernter Lichtpunkt wird damit als ein Punkt gesehen. Die horizontale Spalte gibt für sich allein keine Verbesserung, aber mit Zuhülfenahme von $^1/_{10}$ steigt die Sehschärfe für die Ferne auf $^1/_4$. — Am liebsten hält er die Spalte 1'' bis $1^1/_2''$ vom Auge entfernt. — Mit $^1/_{40}$ *s* ⌣ $^1/_{16}$ *c* wird die Sehschärfe ungefähr $^3/_8$, mit $^1/_{12}$ *c* ungefähr $^1/_{10}$.

3. Gemischter Astigmatismus. — *Amh* und *Ahm*. Wir bemerkten oben, dass die meisten Fälle von myopischem und besonders von hypermetropischem Astigmatismus wenig vom einfachen abweichen. Dasselbe kann man vom gemischten sagen: entweder man findet einen hohen Grad von *H* in dem horizontalen Hauptmeridian, verbunden mit einem geringen Grad von *M* im verticalen oder einen hohen Grad von *M* im letztgenannten, mit geringer Hypermetropie im horizontalen. Das Vorkommen nahezu gleicher Grade beider Formen von Ametropie in entgegengesetzten Hauptmeridianen gehört zu den Ausnahmen. Am nächsten daran grenzt noch der folgende Fall, in welchem jedoch der Grad der Asymmetrie nicht erheblich war.

Fall VI. — *Amh* auf dem linken Auge. — Herr V., 59 Jahre alt, hat auf dem rechten Auge $S = ^1/_2$, auf dem linken $S = ^1/_{12}$. Das rechte Auge ist nahezu emmetropisch, Verbesserung des Sehens in die Ferne durch $^1/_{60}$ ist zweifelhaft, — $^1/_{60}$ wirkt nachtheilig. Versuche mit dem Lichtpunkt weisen keinen abnormen regelmässigen Astigmatismus nach, deuten aber einen sehr entwickelten unregelmässigen an. Von Jugend auf hat Patient sein linkes Auge nicht gebrauchen können; es besteht indessen weder eine Trübung, noch eine organische Veränderung im

Fundus oculi. Positive und negative sphärische Gläser geben keine Verbesserung. Die Spiegelbilder der Cornea liessen an Asymmetrie denken. Die Untersuchung mit dem Augenspiegel lieferte davon den Beweis: im aufrechten Bild sehe ich als Emmetrop bei einiger Accommodationsanspannung die vertical verlaufenden Gefässe der Netzhaut vollkommen scharf, horizontal verlaufende werden dagegen bei Anspannung der Accommodation sehr unklar und bei vollständiger Entspannung nicht scharf gesehen. Ich schloss hieraus auf Myopie im verticalen, Hypermetropie im horizontalen Meridian. Die Untersuchung mit dem Lichtpunkt ergab, dass beide Hauptmeridiane wenig von der verticalen und horizontalen Ebene abweichen; die schmalste verticale Linie wurde mit $^1/_{45}$, die schmalste horizontale mit $-\ ^1/_{30}$ gesehen. Die Diagnose lautete: gemischter Astigmatismus $= {}^1/_{18}$, zusammengesetzt aus

$$M\ {}^1/_{30} + H\ {}^1/_{45}.$$

Die Cornea gab hierüber mehr als hinreichend Rechenschaft; der Krümmungsradius in der Sehlinie betrug in der horizontalen Ebene 8,29mm, in der verticalen = 7,69, was einen Astigmatismus von 1 : 11,67 ergibt. Da (wenigstens bei der Methode mit dem Lichtpunkt) nur *Amh* $^1/_{18}$ gefunden wurde, scheint die Krystalllinse den Astigmatismus der Cornea zum Theil zu compensiren.

Ganz in Uebereinstimmung mit der Ametropie in den beiden Hauptmeridianen sieht das linke Auge verticale Linien in der Ferne etwas besser, als horizontale. Mit $^1/_{45}$ wurden horizontale noch schlechter, verticale scharf gesehen. Umgekehrt wurden mit $-\ ^1/_{30}$ horizontale recht gut, verticale dagegen undeutlich wahrgenommen. Die astigmatische Linse von Stokes, auf eine Wirkung von $2\ .\ ^1/_{32} = {}^1/_{16}$ eingestellt, macht die Sehschärfe plötzlich 4 Mal grösser, indem sie dieselbe von $^1/_{10}$ auf $^2/_5$ bringt. Mit $^1/_{18}$ *c*, combinirt mit $-\ ^1/_{30}$ *s*, stieg sie bis auf $^1/_2$ und wird daher noch besser als auf dem rechten Auge.

Zum Sehen in die Ferne wurde für das rechte Auge ein Planglas, für das linke Auge ein bi-cylindrisches Glas von $^1/_{45}$ *c* ⌐ $-\ ^1/_{30}$ *c* verordnet. Zum Arbeiten in der Nähe wünschte ich, der nicht vollkommenen Sehschärfe wegen, *R* auf 12″ zu bringen. Dies geschieht durch ein sphärisch cylindrisches Glas von $^1/_{20}$ *s* ⌒ $^1/_{18}$ *c* : durch $^1/_{20}$ wird nämlich *R* im verticalen Meridian ($^1/_{30} + {}^1/_{20} = {}^1/_{12}$) = 12″, während durch $^1/_{18}$ *c* *R* im horizontalen auf denselben Werth gebracht wird. Hierbei nun erhielt das rechte Auge einfach $^1/_{12}$ *s*. Die Bilder waren von fast gleicher Grösse, und das Sehen mit beiden Augen zugleich sehr angenehm. Dabei übertraf die Sehschärfe des linken Auges noch die des rechten.

Epicrisis. Dieser Fall wurde, trotz des geringen Grades von *H* im horizontalen Meridian, zum gemischten Astigmatismus gerechnet. Der Grund davon ist der, dass bei der sehr geringen, dem Lebensalter des Patienten entsprechenden Accommodationsbreite, die Hypermetropie durchaus nicht überwunden werden konnte. Sie musste also nothwendiger Weise corrigirt werden, und diess würde sogar bei einem jugendlichen Individuum zweckmässig gewesen sein, obgleich ein solches mit $-\ ^1/_{18}$ *c* scharf in die Ferne gesehen und sogar beim Lesen wenig Schwierigkeiten gefunden haben würde.

Die Sehschärfe des linken Auges war im Verhältniss zum Grade des Astigmatismus sehr unvollkommen. Man würde geneigt sein, diese beträchtliche Störung mit dem besondern Umstand in Zusammenhang zu bringen, dass der gefundene Grad von Astigmatismus die Resultante einer doppelten Asymmetrie war, einer grösseren, nämlich der Cornea, und einer kleineren, entgegengesetzten, der Krystalllinse; aber wäre diese Voraussetzung richtig, so würde man, meines Erachtens, von cylindrischen Linsen nicht die ansehnliche Verbesserung der Sehschärfe erwarten dürfen, die wir angegeben haben. Eine Erhöhung der Sehschärfe von $^1/_{10}$ auf reichlich $^1/_2$ kann man gewiss ungewöhnlich nennen.

Einigermaassen räthselhaft ist mir auch jetzt noch die Herabsetzung der Sehschärfe des rechten Auges. Zwar ist dieselbe in einem Alter von 59 Jahren nur noch ausnahmsweise vollkommen; ebenso selten aber ist sie ohne merkbare anatomische Veränderung auf $^1/_2$ gesunken. Ferner bleibt der Regel nach bei Astigmatismus des einen Auges, trotz der möglichst vollkommnen Correction, die Sehschärfe des astigmatischen hinter der des andern zurück; hier war das Gegentheil der Fall. Ich bin daher sehr geneigt, anzunehmen, dass auch auf dem rechten Auge Astigmatismus in einem die Sehschärfe herabsetzenden Grade anwesend war.

Eine genaue Untersuchung hierüber fehlt, auch sind die Krümmungsradien der Cornea nicht gemessen.

Die zum Sehen in die Ferne bestimmten Gläser konnten, im Verhältniss zur Unbequemlichkeit des Brillentragens, dem Kranken keine grossen Vortheile gewähren; andererseits bestanden aber auch durchaus keine Bedenken, sie auf Verlangen zu gewähren. Von viel grösserer Bedeutung war die Brille zum Sehen in der Nähe. Selbst abgesehen von den Vorzügen des stereoskopischen Sehens, ist das Lesen mit zwei Augen viel angenehmer und, wenn die Sehschärfe beider unvollkommen ist (vorausgesetzt, dass keine Verdunklung im Spiel sei), auch viel bequemer, als mit einem Auge allein; selbst die Sehschärfe wird dadurch merklich erhöht. Zum Erkennen kleiner Objecte würde sogar eine noch stärkere Brille erlaubt sein; dabei bliebe in der Combination das sphärisch-cylindrische Glas $^1/_{12}$ *c* constant und nur $^1/_{20}$ *s* brauchte verstärkt zu werden.

B. Wir haben gesehen, dass, wenn die Cornea für sich allein einen abnormen Grad von angeborenem Astigmatismus hervor bringt, die Linse diesen erhöhen kann, ihn aber gewöhnlich vermindert. Im letzteren Falle bleibt indessen der Einfluss der Cornea überwiegend; im ersteren ist die Wirkung der Linse schwächer und daher nur als eine Zugabe zu betrachten. Im Gegensatz hierzu kommt es nun manchmal vor, dass der vorhandene abnorme Grad von Astigmatismus als abhängig von der Krystalllinse betrachtet werden muss. Ein sehr merkwürdiger Fall der Art ist von Knapp beschrieben worden. In demselben war eine eigenthümliche Form der Linse die Ursache eines grösstentheils regelmässigen Astigmatismus. Weniger selten ist eine abnorme Lage der Linse die Ursache. Dieser Zustand ist meistentheils angeboren. Es sind zahlreiche Fälle bekannt geworden, in denen die Linse so excentrisch lag, dass der Aequator durch die Ebene der Pupille ging, und daher ein Theil der Pupillarebene ohne Linse blieb. Hierbei besteht dann Astigmatismus und zwar auf sehr störende Weise, aber er ist unregelmässiger Natur, und cylindrische Gläser können hierbei keine Verbesserung zu Wege bringen. Manchmal indessen kommen Fälle vor, wo die Verschiebung der Krystalllinse so gering ist, dass sie noch die ganze Pupillarebene einnimmt, zugleich aber eine so schiefe Lage hat, dass ein ansehnlicher Grad von ziemlich regelmässigem Astigmatismus daraus hervorgeht. Vor ein paar Jahren, als ich die Functionsstörungen durch Asymmetrie noch nicht mit der nöthigen Genauigkeit untersuchte, kam mir ein Fall der Art vor. Ich will hier einfach das wiedergeben, was damals notirt wurde.

Fall VII. — Astigmatismus durch angeborene Excentricität der Krystalllinse. — Jakob D., 20 Jahre alt, stellte sich am 24. April 1860 vor: er hat Myopie $= {}^1/_4$ auf beiden Augen, $S = {}^1/_2$ auf dem linken, $S = {}^1/_4$ auf dem rechten Auge. Bei schiefer Haltung des negativen Glases vor dem rechten Auge kann die Sehschärfe nahezu auf $^1/_2$ gebracht werden. Lange Sehachse; überhaupt grosse Augen. Gleichwohl auf keinem von beiden Atrophie der Chorioidea, jedoch auf dem linken ein weisser, unregelmässig umschriebener, die Netzhautgefässe bedeckender Fleck, schmaler als die Papilla nervi optici, unter welcher er sich befand. Enge vordere Kammern, dabei eine sehr starke Iridodonese, besonders an der Innenseite der Iris; gute Reflex-, wenig Accommodationsbewegung der Pupillen. Die totale Accommodationsbreite des linken Auges $= \frac{1}{8^2/_3}$; wird indessen durch $- \frac{1}{3^1/_2}$, in $^1/_2$'' Entfernung vom Knotenpunkt, die Myopie neutralisirt, so liegt bei $R = \infty$ auf dem linken Auge der Nahepunkt in 17''.

Durch Sulphas Atropini erhalten die Pupillen einen scheinbaren Durchmesser von $8^1/_2$mm. Die Iridodonese bleibt dabei bestehen. Es zeigt sich jetzt, dass eine gewisse Entfernung zwischen der (in der That sehr nach vorn dislocirten) Iris und der Krystalllinse besteht und zugleich, dass diese letztere excentrisch liegt. Bei Untersuchung mit dem Augenspiegel sieht man an der Aussenseite einen schmalen sichelförmigen rothen Saum um den Linsenaequator; dieser helle Rand wird breiter, wenn man ein wenig von innen nach aussen in das Auge sieht, geht man jedoch noch mehr nach einwärts, so wird er bald wieder schmäler und verschwindet auf dem rechten Auge sogar ganz. Offenbar liegt also der Aussenrand der nach innen und oben verschobenen Linse mehr nach vorn als der obere innere Rand, besonders auf dem rechten Auge. Das Reflexbild der Vorderfläche der Linse ist in beiden Augen schwach, schwierig zu sehen, sehr nahe am Reflexbild der Hornhaut gelegen, und bewegt sich beim Bewegen der Flamme mehr als das letztere. Das Reflexbild der hinteren Linsenfläche steht in ziemlicher Entfernung vom Hornhautbild und beträchtlich höher als dieses. Sah man mit dem Phakoidoskop (Vergl. die Methode in Nederl. Lancet. 3. Serie, D. III., pag. 242 und p. 15 dieses Werkes) unter einem Winkel von 30^0 mit der Sehlinie von der Aussenseite her in das linke Auge, während die Flamme sich auf der Linie befand, welche von der andern Seite einen Winkel von 30^0 mit der Sehlinie bildete, so betrug die Entfernung zwischen dem Hornhaut-Reflexbild und dem hinteren Linsenbild $3^1/_3$mm, während die Linie, welche jene beiden Bildchen vereinigte, einen Winkel von 35^0 mit der Horizontalebene bildete, in welcher die Sehlinie, die Flamme und das beobachtende Auge sich befanden.

Bei der Augenspiegeluntersuchung im umgekehrten Bilde zeigen die Gefässe auf und neben der Sehnervenscheibe, bei den üblichen Bewegungen der Objectiv-Linse, auf dem linken Auge nahezu keine, auf dem rechten Auge eine sehr ansehnliche parallaktische Verschiebung (deren Richtung und Zusammenhang mit der Bewegung der Linse nicht notirt ist).

Die Messung der Hornhäute ergab, in einer horizontal durch die Sehlinie gelegten Ebene für ρ^0 in der Sehlinie, für $\rho n'$ und $\rho n''$ $11^0\ 23'$ und $22^0\ 46'$ nach der Nasenseite, und für $\rho t'$ und $\rho t''$ $11^0\ 23'$ und $22^0\ 46'$ nach der Schläfenseite der Sehlinie, folgende Resultate (wobei jeder Werth das Mittel aus vier Messungen ist):

Rechtes Auge.	Linkes Auge.
$\rho n''$ 8·70	8·87
$\rho n'$ 8·16	8·16
ρ^0 8·14	8·10
$\rho t'$ 8·21	8·17
$\rho t''$ 8·61	8·50

Hieraus ergibt sich, dass die Hornhäute einen grossen Radius haben, dass die ellipsoide Krümmung in der Horizontalebene sehr regelmässig ist und eine geringe Excentricität besitzt, und endlich, dass die Hornhautachse und die Sehlinie nahezu zusammenfallen.

Epicrisis. Ich will nur näher constatiren, dass die Krystalllinse besonders auf dem rechten Auge eine schräge Lage hatte, so dass ihre Achse viel von der Hornhautachse abweichen musste, und dass zugleich eine Herabsetzung der Sehschärfe bestand, welche sich durch eine schiefe Haltung der negativen Linse $-\frac{1}{3^1/_2}$, durch welche die Myopie corrigirt wurde, verbessern liess. Es bestand also Astigmatismus. Obwohl wir bedauern müssen, dass weder die Richtung noch der Grad der Neigung verzeichnet ist, welche man der Achse der negativen Linse geben musste, und dass daher Richtung und Grad des vorhandenen und dabei corrigirten Astigmatismus unbekannt sind, und obwohl wir ferner gern auch die Krümmung der Cornea in der Verticalebene gekannt hätten, um diese als Ursache des Astigmatismus auszuschliessen, so glauben wir nichtsdestoweniger berechtigt zu sein, den beobachteten Astigmatismus auf den schiefen Stand der Krystalllinse zu beziehen. Damit ist denn das Bestehen dieser Kategorie von Astigmatismus

bewiesen, und diess sei vor der Hand genug. — Die verschiedenen Messungsresultate, die ich mitgetheilt habe, können später, wenn es zur Vergleichung mehrerer derartiger Fälle wünschenswerth erscheinen sollte, zur Berechnung gebraucht werden.

Erwähnung verdient noch, dass drei ältere Brüder und eine Schwester des Kranken normale Augen haben, dass jedoch ein jüngerer Bruder und vielleicht auch die Mutter an demselben Gebrechen leiden.

II. Erworbener regelmässiger Astigmatismus.

A. Abhängig von der Cornea. Der erworbene Astigmatismus wurde bisher kaum erwähnt. Ich muss bekennen, dass ich ihn bis vor kurzer Zeit als weniger wesentlich betrachtete. Gewiss nur sehr selten ist er von einer durch partielle Luxation entstandenen schiefen Lage der Krystalllinse abhängig; und liegen Veränderungen der Hornhaut zu Grunde, so ist fast ohne Ausnahme unregelmässiger Astigmatismus zu erwarten. Ich vermuthete daher a priori, dass cylindrische Gläser hierbei die Sehstörung wenig oder nicht verbessern würden. Die Erfahrung hat jedoch für viele Fälle das Gegentheil erwiesen. In einem Falle von centralem Hornhautfleck verrichtete ich die Iridectomie und erhielt eine gut gestaltete Pupille, welche nur in der Mitte etwas diffuses, übrigens aber regelmässig gebrochenes Licht durch die Cornea erhielt. Nichtsdestoweniger war die Sehschärfe sehr unvollkommen: während das Auge $^1/_{30}$ Hypermetropie besass, konnte selbst mit Gläsern von $^1/_{10}$ Nr. VI nicht gelesen werden. Die Buchstaben hatten eine abweichende Gestalt, in einer schrägen Richtung zeigten sie eine unregelmässige Verlängerung. Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung brachten Bewegungen der Objectivlinse eine beträchtliche Parallaxe hervor. Ich versuchte die Combination eines Convexglases mit einem cylindrischen, und die Sehschärfe erreichte nahezu das Doppelte. Ein gewöhnlicher Druck konnte nun gelesen werden. — A posteriori ist die Sache deutlich genug. Der bestehende Astigmatismus kann in einen regelmässigen und in einen unregelmässigen zerlegt werden, und nach Correction des regelmässigen, bleibt der unregelmässige weniger störend übrig. Ich habe gefunden, dass in vielen Fällen, wo wegen Verdunkelung der Cornea Iridectomie oder Iridodesis verrichtet wurde, durch cylindrische Gläser grosse Vortheile erreicht werden können. Man versuche nur, ob ein cylindrisches Glas, z. B. von $^1/_{30}$ *c*, vor dem Auge rundherumgedreht, nicht abwechselnd Erhöhung und Herabsetzung der Sehschärfe hervorbringt; und hat man hieraus die nothwendige Richtung bestimmt, so untersuche man nur noch, welcher Stärke der cylindrischen Gläser der Vorzug gegeben wird. Die oben beschriebenen mehr indirecten Methoden führen hier gewöhnlich weniger leicht zum Ziel. Auch nach Cataractoperationen nimmt die Cornea oft eine Gestalt an, bei welcher die Combination mit einem cylindrischen Glase grossen Werth hat.

Auch ohne dass eine Irisoperation gemacht zu werden braucht, sind bei erworbenen Formveränderungen der Cornea cylindrische Gläser manchmal sehr nützlich.

Fall VIII. — M. Kr., ein 14-jähriges Mädchen, hat vor einigen Jahren durch perforirende Hornhautgeschwüre mit nachfolgender Atrophie das linke Auge verloren. Auch auf dem rechten Auge ist nach unten und innen eine Narbe mit Prolapsus und Verwachsung der Iris zurückgeblieben. Die Pupille ist dabei nach

unten und innen verzogen, übrigens aber rein, und es gelangt nur wenig diffuses Licht in das Auge. Gleichwohl lässt die Sehschärfe viel zu wünschen übrig und wird durch Ausschluss des diffusen Lichtes kaum verbessert. Ausserdem besteht ziemlich hochgradige Myopie, mit welcher daher Amblyopie verbunden zu sein scheint. Von der Vermuthung ausgehend, dass die Form der Cornea die Ursache der Herabsetzung der Sehschärfe sein möchte, untersuchte ich darauf und fand auch wirklich, dass ein Lichtpunkt mit — $^1/_5$ als eine schräge stehende, mit — $^1/_6$ etwas weiter vom Auge entfernt als schräge liegende Linie gesehen wurde. Beim Anwenden der Spalte in einer der beiden Richtungen hob sich die Sehschärfe sehr beträchtlich. Mit — $^1/_{30}$ *c* können in der Nähe feine Arbeiten verrichtet werden, was ohne cylindrische Gläser ganz unmöglich war.

Etwas ausführlicher erlaube ich mir einen Fall mitzutheilen, welcher gewiss zu den höchst seltenen gehört.

Fall IX. — Erworbener regelmässiger Astigmatismus der Cornea. J. F., Brigadier in der Armee, 31 Jahre alt, klagt, dass sein Sehvermögen seit den letzten zwei Jahren schlechter und schlechter wird. Eine vollkommene Sehschärfe besass er auch früher nicht. Die Corneae zeigen, besonders bei Focalbeleuchtung, eine allgemeine leichte Trübung, welche in Folge einer drei Tage nach der Geburt entstandenen eitrigen Entzündung zurückgeblieben sein soll. Auf dem rechten Auge ist ausserdem die Grenze zwischen Cornea und Sclera, wegen peripherischer Flecken, nicht zu bestimmen; mitten auf der Oberfläche der Linse befindet sich noch ein kleiner, scharf begrenzter, nicht erhabener Fleck. Keines von beiden hat ihn früher verhindert, in Dienst zu treten. Jetzt jedoch war die Sehschärfe des rechten Auges auf $^1/_{10}$, die des linken Auges auf $^1/_5$ gesunken, und war er nicht mehr im Stande, seine Dienstpflichten gehörig zu erfüllen.

Die vorhandene Trübung der Cornea erklärte die Sehstörung nicht genügend. Auch war ohne neue entzündliche Erkrankungen das Sehvermögen mehr und mehr gestört worden. Die Krümmung der Hornhäute schien mir abnorm zu sein, — eine Annahme, welche durch die ophthalmometrische Untersuchung vollständig bestätigt wurde. Die Ergebnisse waren, wie folgt:

	in *H.*	in *V.*
Rechtes Auge	$\rho n'' = 9{\cdot}64$	$\rho i'' = 9{\cdot}69$
	$\rho^0 = 8{\cdot}72$	$\rho^0 = 7{\cdot}13$
	$\rho t'' = 7{\cdot}77$	$\rho s'' = 7{\cdot}38$
Linkes Auge	$\rho n'' = 10{\cdot}97$	$\rho i'' = 7{\cdot}59$
	$\rho^0 = 8{\cdot}40$	$\rho^0 = 7{\cdot}25$
	$\rho t'' = 8{\cdot}45$	$\rho s'' = 7{\cdot}17$

Offenbar ist der Krümmungsradius in der Horizontalebene viel grösser, als in der verticalen. Und desshalb, obgleich in der Form der Krümmung vielerlei Unregelmässigkeiten zu bemerken waren und die Untersuchung mit dem Lichtpunkt denn auch kein Resultat ergab, war hier von cylindrischen Gläsern Verbesserung zu erwarten; und wirklich wurde mit einem Glase von $^1/_8$ *c*, dem einzigen, welches mir damals zur Verfügung stand, die Sehschärfe bereits auf $^1/_3$ erhöht. Bei grösserer Auswahl von Gläsern wäre gewiss eine noch beträchtlichere Besserung zu erreichen gewesen.

Zu meinem Bedauern fand sich später keine Gelegenheit wieder, den Patienten nach verschiedenen Methoden genauer zu untersuchen.

Epicrisis. Die Ursache der hier bestehenden abnormen Krümmung der Cornea ist nicht ganz deutlich geworden. Mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit aber kann man annehmen, dass die Ophthalmia neonatorum eine gewisse Formveränderung und ungleichmässige Widerstandsfähigkeit zurückgelassen hatte, welche dann, sei es in Folge von Veränderung des intraocnlären Druckes oder unter dem Einfluss fast unmerkbar sich dazugesellender Ernährungsveränderungen, zunahm. — Die Krümmung war augenscheinlich sehr unregelmässig. Auf beiden Augen ist, in der Horizontalebene nach der Temporalseite und in der Verticalebene nach oben zu, die Krümmung besonders stark, zum Theil in 20° Entfernung von der

Sehlinie noch stärker als in dieser selber, obgleich diese, wie die directe Bestimmung lehrte, in der Horizontalebene nur $3^1/_2{}^0$ vom Mittelpunkt der Cornea abwich. Aber trotz dieser Unregelmässigkeit trat doch die grosse Verschiedenheit der Krümmung für den verticalen und horizontalen Meridian in den Vordergrund; und desshalb war auch von cylindrischen Gläsern viel Vortheil zu erwarten.

Bemerkenswerth ist dabei, dass die Cornea, wenn sie ursprünglich eine mittlere Krümmung besass, sowohl im horizontalen Meridian einen grösseren, als im verticalen einen kleineren Krümmungsradius acquirirte.

Ich habe diesen Fall einen seltenen genannt. Gewöhnlich nämlich bleibt bei erworbenen Formveränderungen der Cornea, sei es konische Krümmung oder vollständige Unregelmässigkeit und Unebenheit, die Untersuchung mit dem Ophthalmometer ohne befriedigendes Resultat, und es kann sich nur empirisch zeigen, ob cylindrische Gläser von einigem Nutzen sind oder nicht.

B. Erworbener regelmässiger Astigmatismus, verursacht durch die Linse. Sowohl die erworbene, als die angeborene Ectopie der Linse (von welcher pag. 447 die Rede war) kann regelmässigen Astigmatismus verursachen. Häufig wird dabei die Linse so stark verschoben, dass sie nicht mehr dem ganzen Pupillargebiet entspricht, womit dann ein hoher Grad von unregelmässigem Astigmatismus verbunden ist. Nimmt aber die Linse eine schräge Lage in der Pupillarebene an, so muss diess regelmässigen Astigmatismus zur Folge haben, welcher durch cylindrische Gläser verbessert wird. Ein nicht unwichtiges Beispiel hiervon liefert

Fall X. — J. S., 42 Jahr alt, wurde vor vier Jahren auf dem linken Auge mit gutem Erfolg an Cataract operirt. Ein Jahr nachher wurde ihm das rechte Auge durch den Rückschlag eines gebogenen Zweiges verletzt. Bis dahin hatte er mit diesem Auge scharf in die Ferne gesehen. Jetzt erschien ihm Alles neblich. Bei der Untersuchung fand ich Iridodonese in hohem Grade, zitternde Bewegung der Linse (bei jeder kräftigen Bewegung, sowohl am Reflexbild, als bei seitlicher Focal-Beleuchtung an der Linse selbst zu constatiren) und endlich eine geringe Myopie. Mit einem Glase von — $^1/_{36}$ erklärte Patient eben so gut wie früher zu sehen. Von einer schiefen Stellung der Linse konnte ich mich nicht überzeugen. Ich betrachtete daher den Zustand als Myopie in Folge von Zerreissung der Zonula Zinnii und sah in dieser Myopie einen Grund für die Helmholtz'sche Erklärung des Accommodationsmechanismus. Den zitternden Bewegungen der Linse entsprach, nach jeder kräftigen Bewegung des Auges, ein Zittern der Objecte ganz übereinstimmend mit dem, welches durch rasches Hin- und Herbewegen des neutralisirenden positiven Glases vor seinem aphakischen Auge entstand, — und dadurch also erklärt.

Vor einigen Monaten wandte sich Patient auf's Neue an mich. Die Sehschärfe des rechten Auges war nämlich vermindert. Auch mit Hülfe seiner Brille konnte er nicht mehr scharf in die Ferne sehen. Ich vermuthete, dass die einigermaassen luxirte Linse sich getrübt haben möchte; doch zeigte sich, dass diess nicht der Fall war, die Linse war vollkommen durchsichtig geblieben. Zugleich aber bemerkte ich, dass seit der ersten Untersuchung die Pupille nach der Nasenseite hin abgewichen war, so dass an dieser Seite nur ein schmaler Rand der Iris übrig blieb. Dieser schmale Rand liegt tiefer als der Aussenrand und besitzt eine convexe Ausbiegung nach vorn; der Pupillarrand ist nach hinten gerichtet, von hier aus wölbt sich die Iris etwas nach vorn und der Marginaltheil weicht wieder derartig nach hinten ab, dass er höchst wahrscheinlich durch die zerrissene Zonula einigermaassen prolabirt ist.

Diesem Verhalten der Iris entspricht eine schiefe Lage der Linse. An der Schläfenseite ist sie mit der Iris nahezu in Berührung; an der Nasenseite muss sie daher ansehnlich tiefer liegen. Durch Sulphas Atropini entsteht eine beträchtliche Erweiterung der Pupille nach oben, unten und nach der Schläfenseite, so dass die Linse mehr in die Mitte zu liegen kommt. Sieht man in schiefer Richtung in das

Auge, so kann man gleichwohl nirgends den Aequator der Linse erblicken. Auch scheint das Centrum der Vortices beinahe dem Centrum der Cornea zu entsprechen.

Mit der schiefen Lage der Linse ist daher keine oder nur eine geringe seitliche Verschiebung derselben verbunden.

Die Sehschärfe ist nur ungefähr $= {}^3/_8$. Diese Herabsetzung wurde auf die schiefe Lage der Linse und folglich auf Astigmatismus bezogen. Zahlreiche Versuche wurden angestellt, die denn auch den Beweis dafür lieferten. Nur einige davon theile ich mit. Mit $-{}^1/_{12}$ sieht er in der Ferne verticale, mit $-{}^1/_{20}$ horizontale Linien am schärfsten. Mit $-{}^1/_{36}$ sind die horizontalen bereits nahezu scharf, zeigen aber die verticalen einen Schatten, welcher nahezu verschwindet, wenn die Pupille an der Nasenseite bedeckt wird. — Der Lichtpunkt erscheint unter keinen Umständen als eine Lichtlinie, sondern im Gegentheil jederzeit verdoppelt. Mit $-{}^1/_{24}$ erscheinen beide Doppelbilder am kleinsten. Mit $-{}^1/_{20}$ liegen sie übereinander, mit $-{}^1/_{12}$ nebeneinander.

Der Astigmatismus wurde auf Grund dieser Versuche auf ${}^1/_{12} - {}^1/_{20} = {}^1/_{30}$ geschätzt.

Epicrisis. Bei der Untersuchung dieses Falles standen mir noch keine cylindrischen Gläser zu Gebote. Man kann indessen annehmen, dass mit einem sphärisch-cylindrischen Glas von $-{}^1/_{20}\ s \bigcirc -{}^1/_{30}\ c$ (mit vertical gerichteter Achse des Cylinders) R in allen Meridianen ungefähr $= \infty$ werden würde. Als Lorgnette würde ein derartiges Glas nützlich sein. Für die Nähe aber würde es nicht entsprechen, weil die Accommodationsbreite, welche sich bei der ersten Untersuchung noch recht ansehnlich zeigte, jetzt fast auf Null reducirt war. Zum Lesen würde man daher R ungefähr auf 12″ bringen müssen, was mit ${}^1/_{30}\ c$ mit horizontal gerichteter Achse zu erreichen sein würde.

Der Grund des Astigmatismus lag hier offenbar ausschliesslich in der Linse. Die Messung der Cornea ergab nämlich eine ganz ungewöhnliche Symmetrie:

in *H.*	in *V.*
$\rho n'' = 8{\cdot}64$	$\rho i'' = 8{\cdot}30$
$\rho n' = 7{\cdot}94$	$\rho i' = 7{\cdot}98$
$\rho^0 = 7{\cdot}74$	$\rho^0 = 7{\cdot}74$
$\rho t' = 7{\cdot}74$	$\rho s' = 7{\cdot}76$
$\rho t'' = 8{\cdot}09$	$\rho s'' = 8{\cdot}09$

Die Sehlinie wich 5^0 nach innen vom Hornhautscheitel ab. Bemerkenswerth ist, dass der von schiefer Stellung der Linse abhängige Astigmatismus zu Diplopie Veranlassung gab, was bei den gewöhnlichen Fällen, die auf Asymmetrie der Cornea beruhten, nicht so ausdrücklich angegeben wird. Am deutlichsten kam die Diplopie beim Betrachten eines Lichtpunktes zum Vorschein. Wir haben uns die Sache so zu denken, dass die Sectoren der Linse vier deutlich zu unterscheidende Bildchen lieferten, welche beim Sehen mit blossem Auge sich sämmtlich schon überkreuzt hatten. Mit $-{}^1/_{20}$ wurden die übereinander gelegenen, mit $-{}^1/_{12}$ die nebeneinander gelegenen zur Vereinigung gebracht. Im ersteren Fall hob sich die Sehschärfe, wenn man die innere oder äussere Hälfte, im letzteren, wenn man die untere Hälfte der Pupille verdeckte.

Es ist mir früher mehrmals, besonders bei Myopen, vorgekommen, dass von einem Lichtpunkt zwei oder drei Bildchen gesehen werden, welche, je nachdem schwache oder starke Gläser zu Hülfe genommen wurden, in Linien von entgegengesetzter Richtung lagen. In diesen Fällen wurden nur solche Striche scharf gesehen, welche einer der beiden Richtungen entsprachen. Offenbar müssen, was auch vollständig mit obigen Beobachtungen übereinstimmt, die vervielfältigten Bilder sich auf dem Striche decken, wenn dieser scharf gesehen werden soll. Ob in diesen Fällen der Astigmatismus von angeborener schiefer Lage der Linse abhing, habe ich damals nicht untersucht. Ich hoffe dazu Gelegenheit zu finden.

Ueber manche merkwürdige Punkte dieses Falles will ich mich nicht auslassen. Nur hinsichtlich der Myopie will ich noch darauf aufmerksam machen, dass dieselbe in Folge von Zerreissung der Zonula entstanden zu sein scheint, trotzdem, dass die damit verbundene Dislocation der Krystalllinse nach hinten den entgegengesetzten Zustand, d. h. Hypermetropie, veranlassen musste. Bei der

ersten Untersuchung, als noch keine schiefe Stellung der Krystalllinse eingetreten war, hatte ich auch keine Atrophie der Choroidea bemerken können, und erklärte der Patient, mit Hülfe eines schwach negativen Glases eben so scharf wie früher in die Ferne zu sehen. Jetzt indessen ist an der Aussenseite der Papilla nervi optici ein schmaler atrophischer Meniscus sichtbar geworden, was in jedem Fall sehr dafür spricht, dass ursprünglich doch ein geringer Grad von Myopie vorhanden gewesen sei.

Anmerkung.

Geschichte unserer Kenntniss des regelmässigen Astigmatismus.

Der Entdecker des normalen regelmässigen Astigmatismus war, wie ich oben (p. 385) schon erwähnt habe, Thomas Young. Die erste Mittheilung über abnormen regelmässigen Astigmatismus, welche bisher in der Literatur aufgefunden worden ist, enthält Gerson's Inaugural-Dissertation: De forma corneae oculi humani deque singulari visus phaenomeno. Göttingae. 1810 (im Auszug mitgetheilt in Zehenders klinischen Monatsblättern 1866, p. 57). Gerson's Lehrer, E. G. Fischer, Professor der Mathematik und Physik am Berliner Gymnasium, beobachtete: 1. dass er feine und nahe Parallellinien, wenn sie wagrecht lagen, in grösserer Entfernung unterscheiden und zählen konnte, als wenn sie senkrecht standen; 2. dass ihm zwei Parallellinien weiter von einander entfernt zu sein schienen, wenn sie vertical standen, als wenn sie horizontal lagen; d. h. er bekam von horizontalen Gegenständen ein grösseres Netzhautbild, als von verticalen; 3. dass der Umfang der Hornhaut seiner Augen nicht kreisförmig, sondern elliptisch war, und zwar so, dass der horizontale Durchmesser grösser, als der verticale war. Durch die dritte Beobachtung suchte er die beiden ersten zu erklären. Wenn der horizontale Durchschnitt der Hornhaut ein flacherer Bogen ist, als der verticale, und Strahlen, die auf einen verticalen Durchschnitt des Auges fallen, ihren Vereinigungspunkt auf der Netzhaut haben, so werden Strahlen, die auf einen horizontalen Bogen fallen, ihren Vereinigungspunkt hinter der Netzhaut haben. Kommen also Strahlen von einem einzigen Punkte auf die ganze Pupille, so kann das Bild dieses Punktes auf der Netzhaut kein Punkt, sondern es wird eine kleine horizontale Linie sein. Eine wagerechte Linie erscheint daher scharf, aber länger, als sie ist; eine verticale dagegen als ein Strich von einiger Breite. Gerson, der diese Beobachtungen veröffentlichte, maass nun die Krümmungshalbmesser von vier verschiedenen todten und ausgeschnittenen menschlichen Augen und fand den Krümmungshalbmesser der Hornhaut in horizontaler Richtung (um resp. 0·05; 0·1, 0·1 und 0·2 Lin.) länger, als in verticaler Richtung. Wir finden also in dieser ersten Nachricht über den abnormen regelmässigen Astigmatismus nicht allein die wichtigsten Erscheinungen desselben erwähnt, sondern auch die Hauptursache desselben schon vermuthet und als richtig nachgewiesen.

Erst siebzehn Jahre später beschrieb Airy (Transactions of the Cambridge Philosophical Society. 1827. Vol. II. p. 267), welcher bis vor Kurzem als der Entdecker des abnormen regelmässigen Astigmatismus angesehen wurde, die Eigenschaften seiner eigenen, mit Astigmatismus behafteten Augen in einer des grossen Meisters würdigen Weise. Wir wollen ihn desshalb auch etwas eingehender mittheilen.

Es handelt sich hier um einen hohen Grad von zusammengesetztem myopischem Astigmatismus. Daher konnte Airy nach seiner Methode den Fernpunkt des deutlichen Sehens in den beiden Hauptmeridianen und zugleich deren Richtung bestimmen; in dem stehenden (mit einer Neigung von 35°) war $R = 3{\cdot}5''$, in dem liegenden $R = 6''$. Hieraus berechnete er das zur Correction nothwendige Glas und gab auch bereits die Gründe an, warum ein negatives sphärisch-cylindrisches den Vorzug verdiente vor einem concav-bi-cylindrischen.

Viele Jahre später theilte er auf's Neue seinen Befund mit (Id. — 1849. Vol. VIII. pag. 361). Damals lag der Fernpunkt im stehenden Meridian in 4·7″, im liegenden in 8·9″. Seine Myopie hatte in beiden Meridianen abgenommen, und

zugleich schien der Astigmatismus sich einigermaassen verändert zu haben: von $\frac{1}{8\frac{1}{4}}$ auf $\frac{1}{10}$. Airy vermuthet jedoch selbst, dass der Fernpunkt im stehenden Meridian etwas näher liegen könne als 4·7″, und neigt sich der Ansicht zu, dass sein Astigmatismus unverändert geblieben sei. Bei einem Manne, wie Airy, können wir annehmen, dass er jede Accommodationsveränderung bei der Bestimmung seines Fernpunktes vermieden habe; wir würden sonst zu vermuthen wagen, dass bei seinen früheren Beobachtungen durch Accommodation beim Annähern des Lichtpunktes die Myopie im stehenden Hauptmeridian zu gross ausgefallen sei, wobei denn das Zurückweichen des Fernpunktes mit dem Zunehmen der Jahre (was bei dem vorhandenen Grad der Myopie gewiss eine grosse Seltenheit ist) nur scheinbar stattgefunden haben würde.

Anfänglich scheint die Beobachtung von Airy nur zu Cambridge die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt zu haben: Stokes (The Report of the British Association for the advancement of Science for 1849. pag. 10) nämlich verdanken wir die astigmatische Linse zur Bestimmung des Grades des Astigmatismus, und Dr. Goode (Monthly Journal of Med. Science. Edinb. 1848, pag. 711, — und Transactions of the Cambr. Philosoph. Society. Vol. VIII. pag. 493), der seine Studien zu Cambridge vollendete, theilte zuerst einige neue Fälle dieser Anomalie mit. Er selbst litt auf einem seiner Augen an Astigmatismus, ebenso wie Airy, durch dessen Mittheilungen er darauf aufmerksam gemacht wurde. Aus den complicirten Formveränderungen, welche nach seiner genauen Beschreibung ein Lichtpunkt in verschiedenen Entfernungen von seinem Auge einging, kann man ableiten, dass die Asymmetrie mit einem hohen Grad von unregelmässigem Astigmatismus verbunden war. Was den regelmässigen angeht, so lagen die Entfernungen des deutlichen Sehens in den beiden Hauptmeridianen ungefähr in 6·13 und 25 englischen Zoll. Der Optiker Chamblant zu Paris verfertigte für ihn eine plan-cylindrische Linse, deren cylindrische Fläche mit einem Radius von 9″ concav geschliffen war. Goode gibt an, dass er mit Hülfe dieses Glases sowohl in der Nähe als in der Ferne scharf gesehen habe.

In einem zweiten Falle erschien ein Lichtpunkt in 37 Centimeter Entfernung als eine horizontale Linie, ohne für grössere Entfernungen in eine verticale überzugehen. Horizontale Streifen wurden denn auch auf 37 Cent. deutlich gesehen, in grösserer Entfernung nicht mehr; verticale überhaupt in keiner Entfernung. Ein plan-cylindrisches Glas mit $2\frac{1}{2}$″ Radius der convex-cylindrischen Fläche war zu stark, mit 3″ Radius zu schwach. Ein bi-cylindrisches concav-convexes Glas, mit gekreuzten Achsen, die concave Fläche mit $7\frac{1}{2}$″, die convexe mit $4\frac{1}{2}$″ Radius, soll dem Zweck entsprochen haben.

In einem dritten Falle erschien ein Lichtpunkt auf 35 Cent. als eine Querlinie und wurde in grösserer Entfernung undeutlich. In derselben Entfernung wurden horizontale Striche scharf gesehen und ein wenig entfernter ein verticaler Strich. Eine plan-cylindrische concave Linse von 16″ Radius brachte eine ansehnliche Verbesserung zu Wege.

Goode fand noch drei Herren an der Universität zu Cambridge, deren Astigmatismus auf dem einen Auge durch eine plan-cylindrische Linse von 12″ Radius verbessert wurde.

Diese Fälle, wie sehr wir auch deren Mittheilung zu schätzen wissen, zeigen, dass die Methode von Airy nicht ausreichte, um in beiden Hauptmeridianen den Fernpunkt und im Allgemeinen den Grad des Astigmatismus genau zu bestimmen. Auch der Sitz der Asymmetrie blieb Goode unbekannt. Selbst bei den höchsten Graden von Astigmatismus konnte er sich nicht vom Vorhandensein einer Asymmetrie der Cornea überzeugen und war daher geneigt, die Ursache in der Linse zu suchen.

Ein Fall von abnormem Astigmatismus wurde beinahe gleichzeitig von Hamilton in derselben Zeitschrift (Monthly Journal, 1847, pag. 891.) mitgetheilt. Als Complication bestand hier Torpor retinae, wie es scheint, ohne Gesichtsfeldbeschränkung. Was den Astigmatismus anlangt, so kennzeichnete sich derselbe durch Deutlichkeit von horizontalen, Undeutlichkeit von verticalen Linien. Habe ich den Fall richtig aufgefasst, so wurden verticale Linien in kleinerer, horizontale

in grösserer Entfernung scharf gesehen und brachte eine plan-concave cylindrische Linse bei verticalem Stande der Achse Verbesserung hervor. Dr. Thompson fand den verticalen Durchmesser der Cornea etwas grösser als den horizontalen und hielt auch den horizontalen Meridian für etwas stärker gekrümmt.

Es sind ferner die Fälle bekannt, welche Hays der amerikanischen Ausgabe des Werkes von Laurence (Laurence, On Diseases of the Eye, edited by J. J. Hays, Philadelphia 1854, pag. 669) zufügte. Der erste betrifft einen Geistlichen, dessen Beschreibung uns ein vortreffliches Bild von einfach myopischem Astigmatismus gibt. Mit blossen Augen sah er verticale, mit einem Concavglase horizontale Linien deutlich. Dass er nicht beide zugleich scharf sah, war ihm entgangen, bis sich beim Gebrauch negativer Gläser die Deutlichkeit umkehrte. Nach einer scharfsinnigen Analyse seines Falles kommt unser Kranker zu dem Resultat, dass er ein sphäroidisches oder cylindrisches Glas zur Correction gebrauchen würde, aber er wagt nicht zu entscheiden, ob es convex oder concav sein müsse. Hays beschränkt sich darauf, mitzutheilen, dass der Optiker M'Allister ihm ein plan-cylindrisches (positives oder negatives?) Glas schliff, und dass er damit beträchtlich besser sah.

„Wir haben," fährt Hays fort, „im letzten Jahre zwei Fälle gesehen, in welchen dasselbe Gebrechen bestand. Der erste betraf eine junge Dame von 16 Jahren, deren Sehschärfe so viel zu wünschen übrig liess, dass ihre Ausbildung darunter leiden musste. Ich brachte sie zu Herrn M'Allister und fand, dass mit Hülfe einer starken bi-concaven Linse das linke Auge ganz gut sah, dass dagegen weder ein Concav-, noch ein Convexglas zu finden war, womit das rechte Auge einen gewöhnlichen Druck unterscheiden konnte. Von zwei dunkeln gekreuzten Linien von gleicher Länge schien ihr die verticale länger zu sein, als die horizontale. Herr M'Allister legte ihr jetzt einige Figuren vor, und nun zeigte es sich, dass ihr ein Kreis als ein stehendes Oval erschien, und dass alle Figuren in verticaler Richtung verlängert, in horizontaler verkürzt waren. Glücklicherweise hatte Herr M'Allister einige plan-concave cylindrische Gläser bei der Hand, und nun zeigte es sich bald, dass damit die Formen richtig gesehen wurden. Sie erhielt eine Brille mit einem bi-concaven Glas vor dem linken und einem plan-concaven cylindrischen Glase vor dem rechten Auge, womit sie mit jedem Auge einzeln — oder besser noch, mit beiden zugleich einen gewöhnlichen Druck lesen konnte."

„Der zweite Fall kam bei einem Herrn von 55 Jahren vor, der mich wegen Entzündung seines besseren Auges consultirte und erklärte, dass er mit dem andern jederzeit schlecht gesehen habe. Bei der Untersuchung ergab sich, dass diess Auge dem des vorigen Falles gleich war, ausgenommen, dass die Objecte hier in die Breite verzogen waren."

Ausser obenstehenden Fällen hat die Literatur nur noch einen aufzuweisen, welcher auf dem Continent Europa's beobachtet wurde. Er wurde von dem Geistlichen Schnyder von Menzberg (Schweitz, Cant. Luzern) beschrieben, welcher diese Anomalie an sich selbst entdeckte. (Ann. d'Oculistique T. XXI. pag. 222. Bruxelles 1849, — aufgenommen aus den Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, welche mir nicht zu Gebote standen). Er war kurzsichtig für verticale, weitsichtig für horizontale Linien. Zur Correction gebrauchte er bi-convexe cylindrische Gläser, combinirt mit bi-concaven sphärischen. Welche Brennweite die Gläser hatten, ist nicht angegeben. Herr Schnyder hatte kein anderes Mittel zur Untersuchung, als den Versuch, dass horizontale und verticale Drähte nicht in gleicher Entfernung deutlich gesehen wurden. Zur Bestimmung der erforderlichen Gläser scheint er untersucht zu haben, welche Gläser er brauchte, um horizontale, und welche, um verticale Drähte in derselben Entfernung scharf zu sehen.

Ich könnte hiermit die Geschichte unserer Kenntniss des Astigmatismus schliessen. Auf der Ophthalmologenversammlung in Heidelberg im Jahre 1865 hat aber Emile Javal (vergl. Zehender. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 1865 p. 340) einige Thatsachen zur Kenntniss gebracht, die allerdings geeignet sind, seine Landsleute, die Franzosen, vor dem Tadel einer völligen Unkunde des Astigmatismus und der cylindrischen Brillen zu retten. Er theilte mit, dass der französische Astronom Leverrier und der Pariser Architekt Trélat seit etwa 10 bis 15 Jahren cylindrische Brillengläser gebrauchen.

Ein Maler Cassas bemerkte schon im Jahre 1818, dass er nicht im Stande war horizontale Striche zu unterscheiden. Endlich liess er sich, nach vielen vergeblichen Versuchen, im J. 1844 von dem Optiker Suscipi in Rom ein Glas schleifen, womit er ganz erträglich sah. Dieses Glas war auf der einen Seite convex-sphärisch und auf der andern concav. Die concave Krümmungsfläche war aber weder cylindrisch, noch sphärisch geschliffen, sondern war vielmehr die Rotationsfläche eines Kreises. Das eben beschriebene Glas hatte den Vortheil periskopisch zu wirken.

Ein Offizier, Goutier, sandte im J. 1852 einen versiegelten Brief an die Akademie der Wissenschaften, welchen er am 7. August 1865 eröffnen liess. Aus demselben geht hervor, dass Goutier schon damals das häufige Vorkommen des Astigmatismus gekannt habe (Comptes rendus LXI, pag. 266). In diesem Schreiben finden sich folgende Stellen: „Nous avons fait il y a déjà plusieurs années des expériences desquelles il résulte que, pour un grand nombre de personnes, la distance de la vue distincte n'est pas la même pour des points espacés sur une ligne horizontale et pour des points espacés sur une ligne verticale, ce qui prouve que les surfaces refringentes de l'oeil ne sont pas toujours des surfaces de révolution. Ce défaut de symmétrie autour de l'axe de la vision atteint chez beaucoup de personnes des proportions telles qu'il constitue une véritable infirmité, à laquelle on ne peut pas remédier par les besicles ordinaires. Nous avons donc cherché et trouvé des moyens simples de constater le défaut et de le corriger par des verres à surfaces cylindriques. . . . . Fait dont l'importance paraîtra assez grande si l'on pense qu'il permet de rendre la netteté de la vue à un grand nombre de personnes qui en sont actuellement privées".

Ueberhaupt mehren sich, seitdem die Sache durch meine und Knapp's Untersuchungen eine grössere Bedeutung für den praktischen Augenarzt gewonnen hat, die Mittheilungen, dass Praktiker sowohl, wie Physiologen, Cylindergläser zur Correction von Astigmatismus haben schleifen und mit bestem Erfolge tragen lassen. So unter andern auch Bruecke in Wien.

Nicht uninteressant ist es näher ins Auge zu fassen, was in Bezug auf den Sitz der Abnormität von den verschiedenen Schriftstellern angenommen oder vermuthet wurde. — Wir haben schon darauf hingewiesen, dass die Entdecker, Fischer und Gerson, gleich das Richtige angeführt haben. Airy scheint keinen Versuch gemacht zu haben, darüber ins Klare zu kommen.

Goode dagegen theilt uns mit, dass er in einem Fall von stark entwickeltem Astigmatismus vergeblich versuchte, sich aus der Form eines Spiegelbildes von einer besonderen Asymmetrie der Cornea zu überzeugen, und erklärt sich daher mit Recht geneigt, den Sitz der Anomalie in der Krystalllinse zu suchen.

In dem von Hamilton beschriebenen Fall untersuchte Dr. Thompson die Cornea, die er in verticaler Richtung etwas grösser fand als in horizontaler, „being shaped somewhat irregularly, and the diameter projecting slightly upwards and inwards." Hamilton setzt hinzu: „Dr. Thompson thought he perceived a somewhat more marked curvature of the cornea in the transverse diameter". Nach welcher Methode die Untersuchung angestellt wurde, ist uns unbekannt geblieben; sie führte aber jedenfalls zu der Vermuthung, dass die Cornea an der vorhandenen Asymmetrie betheiligt war.

Wharton Jones (Manual of Ophthalmic Medecine and Surgery. Edit. 2. London 1855. pag. 352.) und Wilde (Dublin Quarterly Journal of med. Vol. XXVIII. p. 105.) gehen noch weiter; ohne nähere Untersuchung nehmen sie an, dass der Grund des Astigmatismus wirklich in der Cornea zu suchen sei. Als eine bekannte Thatsache stellten sie in den Vordergrund, dass die Cornea in ihrem verticalen Meridian einen kleineren Krümmungsradius habe als im horizontalen, und erklären nun den Fall von Airy (aus eigener Beobachtung kannten sie keine Fälle) als eine besonders starke Entwicklung dieser Differenz. (Was W. Jones [Cyclopaedia of practical Surgery, Art. Cornea p. 832] beschreibt als „a case of cylindrical deformation of the cornea, produced by injury" kann hier nicht in Betracht kommen). Den Beweis für die von ihnen in den Vordergrund gestellte Thatsache haben sie wahrscheinlich aus der ihnen bekannten Dissertation von Gerson hergenommen. Wharton Jones gab zwar seine Erklärung nur als eine Vermuthung. Wilde dagegen sagt ausdrücklich: „It is well known, that the cornea

is not a correct surface of revolution, but that the curvature of its horizontal plane is less than that of its vertical. When this exceeds the normal extent, it gives rise to irregular refraction, causing a circle to appear an oval," etc. Wilde war so fest von der Richtigkeit dieser Ansicht überzeugt, dass er nicht anstand, den von Wharton Jones gewählten Namen cylindrical eye durch cylindrical cornea zu ersetzen.

Dass, abgesehen von einigen Ausnahmen, Fischer, Gerson, Wharton Jones und Wilde aber wirklich erst das Richtige getroffen haben, hat sich aus unseren zahlreichen Messungen ergeben. Kann ihnen das aber als ein Verdienst angerechnet werden? Meines Erachtens gab die Beobachtung von Young an seinen eigenen Augen viel eher Veranlassung, den Sitz des Astigmatismus in der Krystallinse zu suchen, und so lange die Asymmetrie der Cornea nicht durch Messung nach einer allen Anforderungen genügenden Methode vollständig erwiesen war, schien es vorsichtig, sich daran zu halten. Ihre Behauptung war also gewagt. Man sieht, auch in der Wissenschaft gilt mitunter „fortuna juvat audacem."

§ 43. Unregelmässiger Astigmatismus.

Man kann den unregelmässigen Astigmatismus, ebenso wie den regelmässigen, in normalen und abnormen eintheilen. Der normale hängt mit dem Bau der Linse zusammen, und die Hornhaut trägt nicht zu seinem Auftreten bei. Der abnorme dagegen, welcher das Sehen beträchtlich stört, kann sowohl von Unregelmässigkeiten der Hornhaut, als von solchen der Linse abhängen.

Wir beginnen mit dem normalen unregelmässigen Astigmatismus. Das Hauptphänomen, welches diese Unregelmässigkeit begleitet, ist unter dem Namen Polyopia monocularis bekannt. Bei einiger Aufmerksamkeit kann man diese Polyopie an sich selbst beobachten. Augen, bei denen sie bei vorhandener Linse gänzlich fehlt, sind ohne Zweifel seltene Ausnahmen. Die folgenden Versuche werden genügen, sich von ihrer Existenz und ihrer Wichtigkeit zu überzeugen.

1. Man nähere einen kleinen schwarzen Punkt (Flecken) (.) auf grauem oder weissem Grunde allmählig dem Auge auf mehr, als die Entfernung seines Nahpunktes. Die meisten Menschen werden dann bemerken, dass der schwarze Punkt in einen Kreis graulicher Flecken übergeht, die, wenn der Punkt vom Auge entfernt wird, sich einander wieder nähern und, in der deutlichen Sehweite angelangt, in einen schwarzen Punkt zusammenfliessen. Es ist dabei, wie bei dem nächsten Versuche, wünschenswerth das Auge unverändert für den Fernpunkt eingestellt zu halten, damit die Grösse der Pupille unverändert bleibt. Nicht myopische Individuen müssen desshalb ihr Auge mit einem Convexglas, etwa von $^1/_6$ bis $^1/_{10}$, bewaffnen, um so, während das Auge entspannt bleibt, den schwarzen Punkt diesseits und jenseits der deutlichen Sehweite bringen zu können. Bringt man dann den Punkt jenseits der deutlichen Sehweite, und wählt man, um genauer vergleichen zu können, wegen der grösseren Entfernung einen verhältnissmässig grösseren Punkt (.), so treten gewöhnlich wieder mehrere Flecken auf. In diesem Falle bleibt aber in der Mitte ein dunklerer Fleck, um welchen die andern blasseren Flecken mehr oder weniger regelmässig angeordnet sind. Dieser centrale Fleck fehlte, als man den schwarzen Fleck dem Auge diesseits

der deutlichen Sehweite annäherte. Aus diesem Grunde unterscheidet man bei gleicher Entfernung des Objectes vom Accommodationsgebiet (den Durchmesser der Pupille als unverändert angenommen) besser, wenn das Auge für einen zu nahen, als wenn es für einen zu entfernten Gegenstand accommodirt ist.

2. Denselben Versuch kann man mit einem weissen Punkte auf schwarzem Grunde wiederholen. Als weisse Punkte kann man kleine Körnchen von Bleiweiss anwenden, die man erhält, wenn man von den gewöhnlichen Visitkarten etwas abschabt, und auf schwarzen Sammt ausstreut. Unter diesen Körnchen finden sich welche von allen Grössen. Nimmt man eins von den grössten, von c. $^1/_6{}^{mm}$ Durchmesser, so wird der Versuch fast dieselben Resultate geben, die wir mit dem schwarzen Punkte erhielten. Doch wird sich dabei deutlicher herausstellen, dass jeder Fleck strahlenartige Verlängerungen und Farbensäume hat, — das Blau dem Centrum zugekehrt, wenn der Punkt diesseits der deutlichen Sehweite, mit dem Roth nach innen, wenn der Punkt jenseits derselben liegt.

3. Man wiederhole dann den Versuch mit einem von den kleinsten Körnchen. Statt strahlig verlängerter Flecken sieht man nun feine Strahlen, die, wenn das Körnchen diesseits der deutlichen Sehweite liegt, in der Mitte nicht zusammenfliessen, und welche einen weissen Fleck in der Mitte haben, wenn es jenseits der deutlichen Sehweite liegt.

4. Der Beobachter blicke nach einem kleinen Lichtpunkte, z. B. einer kleinen dem Lichte zugewendeten Oeffnung, oder, um Diffractionserscheinungen zu vermeiden, noch besser nach dem kleinen Reflexbilde eines Lichtes. Die Erscheinungen, welche dabei auftreten, sind mit Ausnahme der Grösse genau dieselben, wie sie unter 2. und 3. beschrieben sind.

Diese Versuche haben uns nun gezeigt, dass die beim Ansehen eines kleinen Objectes auftretende Polyopie dieselbe Erscheinung ist, wie jene Strahlen, unter welchen ein heller Stern oder ein helles Licht, für welches das Auge nicht accommodirt ist, aus grosser Entfernung sich darbietet. Jedem Hauptstrahle entspricht einer der äussern Flecken, unter denen der schwarze Punkt erscheint. Desshalb besitzen auch jene die deutlichste Polyopie, welche an einem Lichtpunkte eine verhältnissmässig kleine Anzahl deutlich von einander geschiedener Strahlen wahrnehmen.

5. Man nähere einen kleinen Lichtpunkt, ein kleines Reflexbild oder eine $^1/_5{}^{mm}$ grosse, dem Firmament zugewendete Oeffnung in einer Metallplatte, allmälig dem Auge. Sobald er diesseits der deutlichen Sehweite anlangt, theilt sich der Lichtpunkt in eine gewisse Anzahl heller Strahlen und selbst, wenn er den vordern Brennpunkt erreicht hat, und der Zerstreuungskreis auf der Netzhaut so gross, wie die Pupille, ist, sind die Strahlen noch sichtbar; — diess sind die Lichtlinien des wohlbekannten entoptischen Bildes (vergl. Fig. 104, p. 169), welches in den meisten Augen unter dieser Form vorkommt. Der Uebergang der hellen Strahlen in die Lichtlinien des entoptischen Bildes lässt sich leicht beobachten. Da das Licht in dem entoptischen Lichtkreise, der auf der Netzhaut die Grösse der Pupille annimmt, mehr gleichförmig vertheilt ist, sind in ihm die wenigen sehr hellen Strahlen, aus denen das Bild eines Sternes fast ausschliesslich besteht, nur schwach durch die genannten Lichtlinien vertreten. Die Anzahl und Richtung derselben bleibt indessen genau dieselbe.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass die Polyopia uniocularis, die Strahlen eines Sternes und die radiären Lichtlinien im entoptischen Bilde von derselben Ursache abhängen und auf derselben Eigenthümlichkeit, dem Baue des Auges, beruhen. Wenn man also die Ursache einer dieser Erscheinungen festgestellt hat, kennt man sie für alle.

Wir haben aber schon bei Gelegenheit der entoptischen Phänomene gesehen, dass die Ursache der Lichtlinien des entoptischen Bildes (vergl. Fig. 104) in der Linse zu suchen ist. Bewegt man nämlich das Auge hinter dem Lichtpunkte, so nimmt man keine parallaktische Verschiebung wahr, und ihre Ursache liegt desshalb nahezu in der Pupillarebene und mithin in der Linse. Daraus folgt, dass sowohl die von Lichtpunkten ausgehenden Strahlen, als die Polyopie ihre Ursache in der Linse haben. Noch entschiedener wird diess durch den Umstand bewiesen, dass alle diese Erscheinungen bei fehlender Linse (Aphakia) auch fehlen. Ueberdiess lässt sich nachweisen, dass die Hornhaut keinen wesentlichen Antheil an der Erscheinung hat. Denn erstens müsste man solche Unregelmässigkeiten, wie sie zur Erklärung des in Rede stehenden Phänomens erforderlich sind, bei der Untersuchung der Spiegelbilder der Hornhaut wahrnehmen, wenn sie vorhanden wären. Und zweitens habe ich die Wirkung der Cornea dadurch ausgeschlossen, dass ich mein Auge in einem kleinen, vorne durch ein die Cornea ersetzendes Convexglas abgeschlossenes Becken unter Wasser getaucht und beobachtet habe, dass die Erscheinung dabei in der gewöhnlichen Form bestehen blieb.

Wenn also die Ursache in der Linse gelegen ist, so drängt sich von selbst die Frage auf, auf welche Weise sich dann diese Erscheinungen erklären lassen. Zunächst führen wir an, dass die Form der unter gleichen Umständen für jedes Auge vollkommen constanten Strahlen uns unmittelbar an den eigenthümlichen Bau der Linse, nämlich an die sternförmige Figur, erinnert, von welcher die Fasern ausgehen. Die sternförmige Figur der vordern Oberfläche kann man an jedermann bei seitlicher Beleuchtung am lebenden Auge beobachten (Helmholtz), besonders wenn man eine Linse zu Hülfe nimmt und noch besser mit Hülfe des Phakoidoskops (vergl. p. 15). Die Linien der hintern Fläche sind davon in Form und Richtung verschieden. Jedenfalls ist die Linse durch diese Linien in unregelmässige Sectoren getheilt. Die Erklärung der Polyopie ist aber die, dass jeder Sector für sich ein abgesondertes Bild entwirft. Den Beweis dafür habe ich vor etwa vierzehn Jahren gegeben, indem ich eine ziemlich kleine Oeffnung (c. $^1/_2{}^{mm}$ im Durchmesser) vor der Pupille hin und her bewegte, während das vielfache Bild eines Lichtpunktes auf die Netzhaut fiel. Man sieht dann, solange die Oeffnung einem bestimmten Sector entspricht, ein einfaches Bild, wenn man aber durch Verschieben der Oeffnung zu der Grenze zwischen zwei Sectoren kommt, treten zwei schwache Bilder auf, von denen durch weiteres Verschieben das zuerst gesehene verschwindet, während das hinzugekommene allein und heller übrig bleibt. Bei rascherer Bewegung der Oeffnung scheint es, als wenn der kleine Lichtpunkt springen würde, was bei dem Uebergang von einem Sector zum andern in der That geschieht. — In dem Maasse, als wir genauer accommodiren, nähern sich die vielfachen Bilder einander und fliessen schliesslich in ein Bild zusammen. Indessen decken sie sich selbst bei der vollkommensten Accommodation nicht genau. Daran hat zunächst der regelmässige Astigmatismus und insofern auch

die Hornhaut Schuld. Dieser regelmässige Astigmatismus manifestirt sich nämlich gerade dadurch, dass die einander gegenüberstehenden Bilder sich in der einen Richtung früher berühren, als in der andern. Daher kommt es, dass ein Lichtpunkt immer etwas winklig erscheint, und dass selbst ein schwarzer Fleck bei leichten Accommodationsveränderungen eine eigenthümliche Formveränderung erleidet, ohne gleichzeitig seine schwarze Farbe zu verlieren. Aber auch selbst, wenn man den regelmässigen Astigmatismus mit Hülfe eines geeigneten Cylinderglases vollständig corrigirt, kommen nicht alle vielfachen Bilder auf einem Fleck zusammen; in einer oder der andern Richtung projicirt sich noch ein einzelnes Bild ausserhalb der übrigen, die im Centrum verschmolzen sind, und die sorgfältige Betrachtung eines Lichtpunktes zeigt, dass nicht einmal alle Bilder ihren Brennpunkt genau in derselben Achse haben.

In der eigenthümlichen Structur der Linse liegt also der erste Grund des unregelmässigen Astigmatismus. Den zweiten finde ich in dem Bilde eines jeden solchen Sectors. Es ist sehr schwierig, sich auf experimentellem Wege eine richtige Vorstellung von dem Bilde jedes einzelnen Sectors zu machen. Der Eindruck des Lichtes auf jeden Punkt ist nämlich der Stärke des Lichtes nicht proportional, und man erhält folglich in Bezug auf die Vertheilung des Lichtes ein verschiedenes Resultat, je nach der Helligkeit des Lichtes, mit dem man experimentirt. Bei Wiederholung der oben angeführten Versuche hatte ich hinreichende Gelegenheit mich davon zu überzeugen. Während z. B. ein heller Fixstern (ich habe wiederholt mit dem Sirius experimentirt) bei leicht hypermetropischer Einrichtung meines rechten Auges, sechs oder acht ausserordentlich feine helle Strahlen gibt, die sich nach der Peripherie theilweise verzweigen und in kurzer Entfernung vom Centrum aufhören, erscheint ein weniger lichtstarker Punkt mehr als ein Kreis von Flecken, mit verhältnissmässig sehr starker Beleuchtung in der Peripherie und ungefähr mit dem fleckigen Kreise übereinstimmend, als welchen wir bei einem ähnlichen Arrangement des Versuchs einen schwarzen Punkt (Flecken) sehen. Bei jeder Beleuchtung indess, und auch wenn man mit einem Fleck von einer gewissen Ausdehnung experimentirt, gilt es als Regel, dass jedes Bild sich in der Richtung der Strahlen des ganzen Zerstreuungskreises verlängert, so dass wir in ihm eine äussere und innere Begrenzung unterscheiden können, von denen die letztere nach dem Centrum des Zerstreuungskreises gerichtet ist. Man kann sich nun weiter davon überzeugen:

1. Dass das Bild jedes Sectors astigmatisch ist. Durch eine Oeffnung von c. $0{\cdot}5^{mm}$, vor einen gegebenen Sector gehalten, entwirft ein Fixstern, welcher bei grösster Vergrösserung immer noch ein Punkt bleibt, bei genauester Accommodation ein Bild auf der Netzhaut, welches, wenn es unserer Untersuchung zugänglich wäre, sicher noch sehr gut wahrnehmbar sein würde. Das Licht einer Laterne, aus grosser Entfernung durch einen einzelnen Sector gesehen, ist nahezu ebenso gross, als wenn wir uns ihm auf die halbe Entfernung genähert hätten. Auch bei monochromatischem Lichte bleibt der Astigmatismus jedes Sectors unverkennbar.

2. Dass das Bild eine Aberration erleidet, die mit der sphärischen Aberration zusammenfällt. In dem durch eine sphärische Linse von einem monochromatischen Lichtpunkte gebildeten Zerstreuungskreise ist das Licht nicht gleichmässig vertheilt. Vor der Vereinigung der Strahlen ist es, wie

sowohl die Construction, als auch in directer Weise das Experiment zeigt, am stärksten an der Aussenseite, hinter derselben im Centrum des Zerstreuungskreises. Dasselbe gilt für das von einem der Sectoren gebrochenen Lichte. Desshalb ist ein Lichtpunkt und selbst ein kleiner heller Fleck, durch die ganze Linse gesehen, entweder im Centrum oder in der Peripherie stärker beleuchtet, jenachdem das Auge für eine kleinere oder grössere Entfernung, als die des Fleckes, accommodirt ist. Wir haben schon bemerkt, dass desshalb bei gleich grossen Zerstreuungskreisen die Sehschärfe mehr beeinträchtigt wird, wenn die Retina hinter, als wenn sie vor dem Brennpunkte liegt.

Damit haben wir zwei Ursachen des normalen unregelmässigen Astigmatismus angegeben, nämlich die unvollkommene Coincidenz der Bilder der verschiedenen Sectoren selbst bei Accommodation und den dem Bilde eines jeden Sectors für sich zukommenden Astigmatismus.

An dem Bilde eines jeden Sectors können wir überdiess leicht die chromatische Aberration erkennen. Vor dem Kreuzungspunkte ist jedes Bild am äussern Rande roth, am innern blau; hinter dem Durchschnittspunkt ist der äussere Rand blau, und das centrale Licht erscheint röthlich. Untersuchen wir nun die vielfachen Bilder einer dünnen Linie, so haben die seitlichen auch farbige Ränder, und nur das centrale Bild ist farblos. Sehr lehrreich ist es, wie Helmholtz gethan hat, eine Linie mit einem nahe dem Ende der Linie gelegenen Punkte zu combiniren. Bei ungenauer Accommodation, besonders bei Einstellung für eine grössere Entfernung, sehen wir dann mehrere Linien nahe neben einander und können uns überzeugen, dass dieselben bei jeder Richtung, die die Linie annimmt, den vielfachen Bildern des Lichtpunktes, nach dem sie gerichtet sind, entsprechen. Nun ist es klar, dass die Kanten der centralen Linie farblos sein werden, weil die strahlige Verlängerung des Sectorenbildes, woraus sie entsteht, in der Richtung der Linie liegt, und die Farben dadurch übereinander fallen. Wir erhalten die schärfste, hellste und am meisten achromatische Linie, wenn wir der Linie eine solche Richtung geben, dass zwei entgegengesetzte strahlige Sectorenbilder einander auf der Linie decken. Die seitlichen Bilder der Linie dagegen haben farbige Kanten und sind gleichzeitig schwächer und breiter. Ihr Durchschnitt ist gleich dem Längsschnitt des verlängerten Bildes, dem sie entsprechen. — Die hier beschriebenen Phänomene lassen sich auch an den Grenzen hell beleuchteter Flächen bei ungenauer Accommodation wahrnehmen, indem der Uebergang vom Hellen zum Dunkeln in zwei oder drei Abstufungen vor sich geht. Auch bei scharfer Accommodation können Manche sich durch die Thatsache überzeugen, dass sie den hellen Mond als sich einander deckende Bilder sehen. Ich war besonders überrascht durch die Deutlichkeit und scharfe Begrenzung sämmtlicher runden, einander zum Theil deckenden Bilder einer Oeffnung, durch welche das nahezu homogene Licht einer mit Salz imprägnirten Alkoholflamme schien. Besonders aber bei ungenauer Accommodation sehen wir bei jenem Versuche eine Anzahl sich zum grossen Theil deckender Kreise, und nie kann man durch Verdecken eines Theils der Pupille einen dieser Kreise zum Theil verschwinden machen, — ein Segment davon abschneiden; der Kreis wird nur blass um dann plötzlich und ganz zu verschwinden, wenn der ganze Sector der Linse, der zu diesem Kreise gehört, verdeckt ist. Es ist kaum nöthig zu erwähnen, dass beim

Verdecken der Pupille die Figur als Ganzes an derselben Seite verschwindet, wenn das Auge für einen näheren Gegenstand, an der entgegengesetzten dagegen, wenn es für einen entfernteren Punkt accommodirt ist.

Im Vorhergehenden haben wir die Ursache der eigenthümlichen Lichtvertheilung in den Zerstreuungskreisen in der Linse gefunden und haben sie in allgemeinen Ausdrücken mit der strahligen Figur in Verbindung gebracht, von welcher die Linsenfasern ihren Ausgang nehmen. Eine vollständige Erklärung haben wir indessen damit noch nicht gewonnen. Die vielfachen Bilder eines Punktes wurden schon von La Hire [1]) gesehen. Thomas Young [2]) untersuchte die Zerstreuungskreise eines Lichtpunktes in verschiedenen Entfernungen, zeichnete sie sogar und sprach sich über ihre Ursache folgendermaassen aus: „The radiating lines are probably occasioned by some slight inequalities in the surface of the lens, which is very superficially furrowed in the direction of its fibres". Listing [3]) entdeckte, dass bei manchen Personen in dem entoptischen Spectrum der Lichtstrahlen, welche vom vordern Brennpunkt ausgehend im Glaskörper parallel verlaufen, einige helle Linien meist in Form eines unregelmässigen Sternes mit einigen Ausläufern vorkommen, welche er als das Bild eines genabelten Körpers mit nahtähnlichen und erhabenen Verästlungen betrachtet, der von der im Fötalleben vor sich gegangenen Trennung dieses Theiles der Kapsel von der innern Fläche der Cornea herrühre.

Bei der Untersuchung der entoptischen Phänomene habe ich [4]) dann gefunden, dass die vielfachen Bilder, die Strahlen der Lichtpunkte und der entoptische Stern von Listing unmerklich in einander übergehen und desshalb ein und dieselbe Ursache haben. Rücksichtlich der eigentlichen Ursache im Bau der Linse konnte ich mir jedoch keine befriedigende Vorstellung bilden und auch jetzt bin ich nicht gerade besonders glücklich bei dem Versuche gewesen, eine Erklärung zu geben. Es scheinen mir hierüber noch weitere Untersuchungen nöthig zu sein.

Der Astigmatismus, von dem wir bisher gesprochen, kann als normal betrachtet werden. Die Sehschärfe leidet sehr wenig darunter und am wenigsten, wenn wir mit beiden Augen zugleich sehen, und diese ungefähr denselben Refractionszustand haben. Man findet den Astigmatismus beider Augen niemals ganz gleich. Die von demselben Punkte auf beiden Netzhäuten entworfenen Bilder weichen desshalb in der Form ein wenig von einander ab. Beide verschmelzen aber in der Vorstellung, und die Richtigkeit des Urtheils über die Form eines Punktes oder eines sehr kleinen Gegenstandes gewinnt dadurch mitunter beträchtlich. So ist, abgesehen von dem stereoskopischen Effect, die Sehschärfe mit zwei Augen grösser, als mit einem. Beim Sehen mit einem Auge wird die Form des Netzhautbildes wenigstens in der Nähe des gelben Flecks mit grosser Schärfe nach aussen projicirt; beim Sehen mit zwei Augen dagegen ist das Urtheil über den Gegenstand richtiger.

Wenn im monochromatischen Lichte die Sehschärfe durch den gewöhnlichen Astigmatismus leidet, so kann die Achromasie des Auges bei ungenauer Accommodation sogar dadurch gewinnen, da verschieden farbige Bilder über-

[1]) Mémoires de l'Académie de Paris, 1694, p. 400.
[2]) Philosophical Transactions for 1801. I. p. 43.
[3]) Beitrag zur physiologischen Optik, Götting. 1845, p. 59.
[4]) Nederlandsch Lancet. 1846 — 1847, D. II, p. 432.

einander fallen und die Farben sich so theilweise vernichten. Auch diess tritt besonderes beim Gebrauche beider Augen ein.

II. Abnormer unregelmässiger Astigmatismus. — Dieser hat seinen Sitz entweder in der Cornea, oder in der Linse. Bei jener kommt zunächst der Keratokonus oder Cornea conica in Betracht. Hohe Grade fallen sogleich auf, leichte Grade dagegen werden oft genug übersehen. Die Sehstörung verleitet häufig, an Amblyopie, mit Myopie verbunden, zu denken. Mir sind schon drei Fälle vorgekommen, die lange als Amblyopie behandelt waren. Es ist klar, dass in diesem Falle eine Refractionsanomalie, und zwar Astigmatismus, die Ursache der verminderten Sehschärfe ist. Eine erschöpfende theoretische Entwicklung würde selbst dann, wenn die Natur der Krümmungsfläche bekannt wäre, die sich allein durch die Untersuchung mit dem Ophthalmometer feststellen lässt, sehr schwierig sein. In hohen Graden überzeugt die einfache Inspection, besonders in der Seitenansicht, den Beobachter sogleich, dass der Krümmungsradius im Centrum der Cornea viel kürzer ist, so dass die Strahlen jedes Lichtkegels, welche auf dasselbe fallen, viel früher zur Vereinigung kommen müssen, und das Auge ist in Bezug auf diese Strahlen vorzugsweise myopisch. Doch muss nicht blos ein Unterschied in der Brennweite bestehen, sondern die Brennpunkte sind auch selbst für kleine Partien der brechenden Oberfläche unvollkommen und liegen überdiess sicher nicht alle in derselben Achse. Der hohe Grad von Astigmatismus, der mit diesem Zustande verbunden ist, bedarf desshalb keines weitern Nachweises. — Es würde sehr mühsam sein, wenn wir, um leichte Grade zu entdecken, gezwungen wären, zum Ophthalmometer unsere Zuflucht zu nehmen, um den Krümmungsradius an verschiedenen Stellen der Hornhaut zu messen. Glücklicherweise besitzen wir ein mehr praktisches Hülfsmittel. Da die Sehstörung immer schon längere Zeit besteht, so wird man dadurch veranlasst den Augenspiegel in die Hand zu nehmen, hauptsächlich in der Idee die Ursache im Augengrunde aufzufinden, und unvermuthet entdecken wir die Anomalie der brechenden Oberfläche. Diess ist mir mehr als einmal so gegangen. Zuweilen war der Grad so leicht, dass der Beobachter selbst nach Entdeckung des wahren Sachverhaltes sich durch die Seitenansicht von dem Zustande der Dinge nicht überzeugen konnte, so dass die volle Gewissheit von dem Bestehen der Anomalie nur mittelst des Ophthalmometers zu erhalten war. Die Verwendung des Augenspiegels zu diesem Zwecke ist sehr einfach. Bei der Untersuchung im umgekehrten Bilde übersieht man bei einigermaassen weiter Pupille gleichzeitig eine ziemlich grosse Partie des Augengrundes; desshalb bleibt das Bild einer oder der andern Partie, z. B. der Sehnervenscheibe, im Sehfelde, mag nun der Beobachter seinen Kopf bewegen oder die vor das beobachtete Auge gehaltene Linse seitlich verschieben. Gleichzeitig werden aber die von der Sehnervenscheibe ausgehenden und das Auge des Beobachters treffenden Strahlen jedesmal durch andere Partien der Hornhaut hindurchgehen. Ist nun die Krümmung der Hornhaut eine unregelmässige, so muss sich die Form der Papille jedesmal ändern, d. h. sie muss in der einen Richtung kürzer, in der andern länger werden, und kann überdiess niemals in ihrem ganzen Umfange scharf gesehen werden. In etwas höhern Graden ist auch die dem einfallenden Lichte entgegengesetzte Seite der konischen Erhabenheit dunkler, — wie mit einem Schatten versehen.

Es liegt auf der Hand, wie wichtig es ist, diese leichten Grade von Cornea conica zu erkennen und nicht als Amblyopie zu behandeln.

Bei günstiger Form und vortheilhafter Lage können stenopäische Brillen eine beträchtliche Verbesserung hervorbringen. Genügt die dadurch erhaltene Hülfe nicht (ist das Gesichtsfeld zu klein, sind die Brillen lästig), so kann auf operativem Wege eine Verbesserung versucht werden. Das Wesentliche der Operation lässt sich leicht dahin angeben, dass die Pupille vor jene Partie der Cornea gelagert werden soll, deren Krümmung am gleichmässigsten ist und sich der sphärischen am meisten annähert, damit in der Gesichtslinie ein schärferes Bild entworfen und insbesondere das directe Sehen verbessert werde. A priori ist klar, dass diess durch eine enge Pupille leichter erreicht werde, nicht nur weil die Zerstreuungskreise dadurch kleiner werden, sondern hauptsächlich desshalb, weil wir um so geringere Unterschiede im Krümmungsradius erwarten können, je kleiner die Partie der Cornea ist, welche am Zustandekommen des Bildes Theil nimmt. Bowman [1]) hat vorgeschlagen die Pupille durch doppelte Iridodesis [2]) schlitzförmig zu machen, v. Graefe [3]) hat sich mit der Iridectomie begnügt. Beide erhielten in Bezug auf die Sehschärfe günstige Resultate. Von Graefe sah einen weitern Vorzug der Iridectomie in der verminderten Spannung des Auges, welcher Erfolg der Iridectomie in seiner Hand eine so brillante und nützliche Anwendung bei Glaukom gefunden hatte, und hoffte dadurch die weitere Entwicklung der Cornea conica vorzubeugen, wenn nicht den bestehenden Grad zu vermindern. Bowman seinerseits hat wirklich eine Abnahme des Keratokonus nach Iridodesis eintreten sehen. Der Einfluss dieser Operation auf das Sehvermögen ist noch günstiger, so dass gegenwärtig die Iridodesis, durch welche wir auch eine enge Pupille erhalten, den Vorzug zu verdienen scheint. Vom theoretischen Standpunkte aus scheint mir aber die durch doppelte Iridodesis erhaltene schlitzförmige Pupille, so eng sie sein mag, nicht die günstigste zu sein. Ist die Richtung des Schlitzes horizontal, so wird die Zerstreuung für verticale Linien noch beträchtlich sein, und obgleich das Auge für horizontale Linien wenig mehr von Diffusion zu leiden hat, so wird es doch hochgradig myopisch sein. Es erscheint daher in der That besser, durch einfache Iridodesis den Hornhautscheitel auszuschliessen. Vermittelst des stenopäischen Apparates kann man bei artificieller Mydriasis die zuträglichste Stelle und Form für die Pupille und vielleicht auch die Lage der günstigsten Krümmung mit dem Ophthalmometer aussuchen, und wenn man auf diese oder irgend eine andere Weise festgestellt hat, wo und in welcher Form die Pupille am günstigsten wirken muss, so ist es dann die Aufgabe der operativen Augenheilkunde Mittel zu finden, um das, was als wünschenswerth erkannt ist, zu realisiren [4]).

---

[1]) Ophthalmic Hospital Reports, IX. 1859, p. 154.

[2]) Vergl. Critchett. Ophth. Hosp. Rep. IX. 1859. 145.

[3]) Arch. f. Opth. IV. 2. p. 271.

[4]) In dieser Beziehung sind von Bowman sehr geistreiche Vorschläge gemacht, deren Zweck es ist die Pupille mittelst einer zweiten Iridodesis auf derselben Seite, die von dem Rande der durch die erste Iridodesis gebildeten Pupille ausgeht, noch näher an den Rand der Cornea zu verlegen. Auch hat er vorgeschlagen durch Gläser mit entsprechender Krümmung den Astigmatismus an dieser Stelle wenigstens für das ruhig gehaltene Auge noch weiter zu verbessern.

Obgleich sie gewöhnlich weniger Störungen verursachen, müssen die partiellen Erhabenheiten und Vertiefungen der Hornhaut, welche nicht selten in Folge von Eiterung oder Erweichung vorkommen, hier an den Keratokonus angereiht werden. Die Hornhaut ist in deren Umgebung oft in dem Grade getrübt, dass die Verlagerung der Pupille durch Iridodesis oder Iridectomie wünschenswerth wird. Wenn aber auch der durchsichtige Theil der Cornea seine regelmässige Krümmung verloren hat, so wird der Astigmatismus dadurch nicht beseitigt. Von Graefe hat beobachtet, dass die Form der Cornea*) nach Iridectomie allmählig besser wird, und ich habe diess wiederholt bestätigt gefunden. Es scheint überdiess, dass sich in solchen Fällen oft durch cylindrische Gläser eine Verbesserung erreichen lässt, indem sich die Asymmetrie zum Theil auf regelmässigen Astigmatismus zurückführen lässt.

Zu den gewöhnlichsten Ursachen veränderter und desshalb unregelmässiger Wölbung der Cornea gehört die Lappenextraction. Insbesondere wenn Prolapsus iridis bestanden hatte oder die Iris mit der Narbe verwachsen ist, wobei die Pupille ihre centrale Lage verloren hat, oder wenn bei Abstehen des Lappens die Wundflächen nicht vollkommen aneinander passen, erhalten wir selten eine vollkommen normale Wölbung der Cornea. Ist die Abweichung gering, so kann das Sehvermögen noch befriedigend sein, bei genauer Untersuchung ergibt sich dann aber, dass die Sehschärfe unvollkommen ist und sich auch in solchen Fällen theilweise durch eine schiefe Haltung des Convexglases oder durch Combination mit einem cylindrischen Glase corrigiren lässt.

Eine häufige Ursache von unregelmässigem Astigmatismus finden wir ferner in Hornhautflecken. Dass leichte, durchscheinende Flecken viel mehr Störung dadurch verursachen, dass sie diffuses Licht im Auge verbreiten, als dadurch, dass sie einen Theil des Lichtes reflectiren und abhalten, war schon vor langer Zeit von mir nachgewiesen, als ich darauf die Indication für stenopaeische Brillen gründete. Schon in meiner ersten Publication wies ich auf die unregelmässige Brechung des Lichtes hin, die durch die Flecken bedingt wird. Nachträglich hat mir der Augenspiegel gezeigt, wie viel Einfluss diess hat. Durch einen einigermaassen durchscheinenden Fleck erkennt man den Augengrund ziemlich gut; lässt man aber in der oben beschriebenen Weise die Strahlen abwechselnd durch verschiedene Theile des Fleckes in sein Auge fallen, so ist man überrascht durch die ausserordentlich unregelmässige Ortsveränderung, das Schrumpfen und Verzerren der Formen, verbunden mit einem eigenthümlichen Glanze, — sehr charakteristisch für jeden, der es einmal gesehen hat. Flecken, deren Existenz bei der Ocularinspection nicht bemerkt wurde, verursachen mitunter bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel die obenerwähnten Erscheinungen in bedeutendem Grade. So wird man durch die Spiegeluntersuchung veranlasst, die Hornhaut bei seitlicher Beleuchtung zu untersuchen, und findet dann in

*) Bei dem acuten Process von Erweichung oder Vereiterung ist es ein Gegenstand von anerkannter Wichtigkeit, die Form der Cornea so vollkommen wie möglich zu erhalten. Um diess zu erreichen, hat die Erfahrung wiederholt gelehrt, dass rechtzeitige Unterstützung mittelst des Druckverbandes nicht genug empfohlen werden kann.

einer kaum wahrnehmbaren Trübung die Ursache des Astigmatismus und gleichzeitig der verminderten Sehschärfe, welche Anfangs das Vorhandensein anderer Ursachen vermuthen liess. — Unter solchen Umständen ist die Oberfläche der Cornea oft nicht vollkommen glatt, wie sogleich aus den unregelmässigen Spiegelbildern einer Flamme an der trüben Stelle hervorgeht. Diess kommt hauptsächlich vor, wenn oberflächliche Geschwürsbildung in der Cornea bestanden hatte. Doch bedarf es dieser Unebenheit der Oberfläche nicht um Astigmatismus zu verursachen, sondern eine locale Veränderung des Brechungsverhältnisses mit Verdichtung des Cornealgewebes scheint ebenso gut im Stande zu sein, ihn hervorzubringen. — Hat man einen Astigmatiker nicht mit dem Augenspiegel untersucht, so werden wir oft ein Missverhältniss zwischen dem Grade der Trübung und der Störung der Sehschärfe zu finden glauben, die zum Theil durch unregelmässigen Astigmatismus erklärt werden muss.

Schliesslich werden einige acute Hornhautleiden besonders mit durchscheinenden Geschwüren, von einem hohen Grade von unregelmässigem Astigmatismus begleitet.

Soviel in Bezug auf die Cornea. Was die Linse anbelangt, so kann durch sie der unregelmässige Astigmatismus nach zwei Richtungen hin einen hohen Grad erreichen, nämlich durch Veränderungen in der Linse selbst und durch Lageveränderung der Linse. In Bezug auf die Veränderungen in der Linse selbst, schrieb mir vor einiger Zeit mein Freund Bowman Folgendes: „I have often thought that some defects of vision may depend on physical alterations of the lens, sometimes independent of cataract, sometimes attending the earlier stages of cataract; making the changes of shape of the lens under the same action of the ciliary muscle more or less incomplete.“ Ich schliesse mich diesen Bemerkungen vollkommen an. Selbst unabhängig von der Veränderlichkeit durch die Accommodation entwickeln sich Unregelmässigkeiten in der Linse, welche sich, so lange das Auge im Zustande der Ruhe ist, als unregelmässiger Astigmatismus kund geben. Gewöhnlich nimmt, wie Girand Teulon beobachtete, dieser Astigmatismus mit den Jahren zu, besonders wenn Linsentrübung hinzu kommt. Auch Mackenzie sagt: „Uniocular diplopia is sometimes a precursor of cataract“, und Ruete setzt sehr richtig auseinander, in welcher Weise strahlenförmige Trübung der Linse zu Diplopie Veranlassung geben kann. Wir hören häufig über diese letztere klagen, wenn das eine Auge nicht mehr am Sehen Theil nimmt, was sich nach den schon mitgetheilten Grundsätzen leicht begreift (p. 462).

Ausserdem kommt es selten vor, dass störende mehrfache Bilder zurück bleiben, wenn mit Hülfe geeigneter Brillen die Accommodation so vollkommen wie möglich gemacht ist. In der Jugend können die Symptome des unregelmässigen Astigmatismus sowohl ohne als mit Accommodationsspannung fast ganz fehlen.

Der unregelmässige Astigmatismus, welcher von Lageveränderung der Linse abhängt, wirkt viel störender, besonders wenn die Linse nur theilweise in der Pupillarebene geblieben ist und die Strahlen desshalb zum Theil nur von der Hornhaut gebrochen bis zur Netzhaut dringen. Diess kann bei unvollständiger Luxation, sowohl spontaner, als traumatischer, statt finden, scheint aber häufiger als Folge angeborner Ectopia lentis vorzukommen.

Davon habe ich merkwürdige Fälle beobachtet, von denen drei derselben Familie angehörten. Das Sehvermögen ist in solchen Fällen sehr unvollkommen. Wie hochgradige Hypermetropen, sehen solche Patienten nahe Gegenstände verhältnissmässig besser, obgleich noch sehr mangelhaft. Selbst wenn die Linse noch die halbe Pupille einnimmt, verhalten sie sich wie Hypermetropen. Diess brachte mich auf die Annahme, dass Convexgläser ihnen angenehm sein würden, und es scheint, dass ich mich darin nicht geirrt habe. Die erforderlichen Gläser waren denen, welche bei Aphakie angezeigt sind, gleich. Bei den Ergebnissen genauer Untersuchung mit dem Augenspiegel und seitlicher Beleuchtung kann diess Resultat nicht befremden. Wenn die Linse selbst schon im normalen Auge nach dem Aequator hin weniger homogen ist, als in der Nähe der Achse, so gilt diess insbesondere von einer abnorm gelagerten Linse. Ueberdiess ist die Spiegelung sehr stark, besonders wenn die Linse schief steht. Zur Seite der Linse sieht man den Augengrund vollkommen deutlich; durch die Linse hindurch erscheint er gewöhnlich weniger deutlich und scharf. Diess merkt man besonders bei der Untersuchung im umgekehrten Bilde, da wir dabei die Sehnervenscheibe in zwei nahe bei einander liegenden Bildern, das eine breiter, grösser und heller beleuchtet neben der Linse vorbei, das andere kleiner und weniger hell durch Mitwirkung der Linse gebildet, sehen. Ebenso ist auch das durch eine Glaslinse auf die Netzhaut entworfene Bild klarer und vollkommener und zu gleicher Zeit grösser, als das durch den Rand der Krystalllinse im Auge zu Stande gebrachte; und andererseits muss die Störung durch die Strahlen, welche kein scharfes Bild auf der Netzhaut entwerfen, im letzteren Falle grösser sein, als im ersteren. Ein stenopaeischer Apparat, durch welchen entweder die Strahlen, welche durch die Linse, oder diejenigen, welche neben ihr ins Auge eintreten, abgehalten werden, verbessert die Sehschärfe sehr bedeutend. — Bei einem noch jungen Knaben, der an angeborner Ectopie der Linse litt, entwickelte sich Katarakt; je undurchsichtiger die Linse wurde, desto besser wurde das Sehen. Ich fand durchaus keine Veranlassung diese Katarakt zu operiren, selbst als sie reif war, obgleich das diffuse Licht noch etwas störend blieb.

Die Literatur und Geschichte unserer Kenntniss des unregelmässigen Astigmatismus habe ich im Vorhergehenden der Hauptsache nach schon erörtert. Ich habe nur hinzuzufügen, dass in neuester Zeit Knapp die Diagnose des irregulären Astigmatismus zum Gegenstande besonderer Studien gemacht und die Resultate derselben der Heidelberger Ophthalmologen-Versammlung im Jahre 1864 vorgelegt hat. Sie finden sich auch in Zehender „Klinische Monatsblätter“ 1864, p. 304. Die erschöpfende Arbeit kann von den Lesern dieses Werkes in den weit verbreiteten „Monatsblättern“ leicht nachgesehen werden. Die Literatur des normalen unregelmässigen Astigmatismus mit einer kurzen Angabe ihres Inhalts ist von Helmholtz (l. c. p. 146) gegeben, und die Casuistik des normalen unregelmässigen Astigmatismus in Stellwag's Monographie. (Ueber doppelte Brechung und davon abhängige Polarisation des Lichtes im menschlichen Auge. Denkschr. d. kais. Akademie in Wien. Vol. II, p. 172. 1853) als Diplopia (polyopia) monocularis gesammelt mitgetheilt. Stellwag's Theorie, die man schon aus dem Titel seiner Arbeit erkennt, ist von Gut widerlegt (Ueber Diplopia monophthalmica. Zürich, 1854).

NEUNTES KAPITEL.

Verschiedenheit der Refraction in beiden Augen.

§ 41. Vorkommen, Symptome, Folgen.

Wie die Organe des thierischen Leibes im Allgemeinen, so zeigen auch die Augen in der rechten und linken Körperhälfte eine grosse Symmetrie. Die so häufig aufgestellte Behauptung, dass das rechte und das linke Auge fast immer beträchtlich von einander verschieden sind, ist ein Irrthum oder, richtiger gesagt, eine Uebertreibung. Es besteht vielmehr in jeder Hinsicht eine grosse Uebereinstimmung. Diess beschränkt sich nicht auf die Grösse des Augapfels, den Durchmesser der Hornhaut, die Farbe der Iris, den Umfang der Pupille und andere äussere Eigenthümlichkeiten allein, sondern es kommen selbst manche angeborene, krankhafte Abweichungen, wie Mikrophthalmus, Cataracta congenita, Irideremie, und erworbene Formveränderungen, wie Keratokonus, häufig in beiden Augen in ziemlich gleicher Weise vor. Dasselbe findet auch in Bezug auf den Refractionszustand beider Augen Statt. Selbst die Grade der progressiven Myopie differiren in den meisten Fällen in beiden Augen nur wenig. Wir haben bereits gesehen, dass die Mehrzahl der Augen nahezu emmetropisch ist, und diess gilt nun im Allgemeinen auch für beide. Diese Emmetropie ist das Resultat verschiedener Factoren, besonders der Krümmung der Hornhaut, der Lage und der Brennweite der Linse und der Länge der Sehachse, von welchen jeder einzelne an sich im normalen emmetropischen Auge beträchtlich verschieden sein kann, so jedoch, dass sie sich gegenseitig compensiren. Die Gleichheit bei demselben Individuum geht aber gewöhnlich so weit, dass, wie mich zahlreiche Messungen gelehrt haben, der Krümmungshalbmesser der Hornhaut in beiden Augen fast vollständig übereinstimmt, woraus wir schliessen können, dass für die beiden Augen desselben Individuums die Linse und die Länge der Sehachse viel weniger von einander differiren, als es im Allgemeinen in emmetropischen Augen der Fall ist. Unverkennbar besteht auch im Allgemeinen eine gewisse Uebereinstimmung im Verlaufe der subconjunctivalen Blutgefässe, in manchen Eigenthümlichkeiten der Sehnervenscheibe und ihrer Gefässe, in der entoptischen Figur der Linse und in der Lage des gelben Fleckes (Winkel α). Selbst etwaige Asymmetrie der Hornhaut ist auf der rechten und linken Seite meistens nahezu symmetrisch.

Diess Alles ist Regel. Ausnahmsweise kommt es jedoch vor, dass beide Augen von vorne herein, und zwar besonders in Bezug auf ihren Refractionszustand, stark differiren. Diese Asymmetrie der Augen ist, wie wir bereits (p. 212) bemerkt haben, gewöhnlich mit Asymmetrie anderer Theile, insbesondere der Augenhöhle und der sie constituirenden Knochen, in der Weise verbunden, dass die Verschiedenheit der Augen sowohl in der Form der Stirne, als auch des Antlitzes deutlich ausgeprägt ist. Seit meinen ersten Beobachtungen über diesen Gegenstand habe ich mich sehr bemüht feste Regeln darüber zu entdecken; es ist mir aber bis jetzt nicht gelungen. Ich kann nur im Allgemeinen aufrecht halten, dass an jener Seite, wo die stärkste Refraction oder, richtiger gesagt, die längste Sehachse sich befindet, die Orbita (und mit ihr das Auge) näher an der Medianlinie steht, während die Ränder der Orbita mehr nach vorne gerückt sind. Differiren die rechte und die linke Hälfte in dieser Beziehung von einander, so findet man auch im Allgemeinen eine Verschiedenheit im Refractionszustande, und umgekehrt. Es besteht daher zwischen beiden unverkennbar ein Zusammenhang. Dass aber dieser Zusammenhang kein absoluter ist, kann nicht befremden, da doch, ebenso wie bei verschiedener Form und Lage der Augenhöhlen beide Augen emmetropisch sein können, es auch möglich sein muss, dass Gleichheit der Augen mit Verschiedenheit der Augenhöhlen bei demselben Individuum bestehen könne: in andern Worten, obwohl Homo dexter und Homo sinister ungleich sind, so können doch beide emmetropisch oder in gleicher Art ametropisch sein.

Die in Bezug auf die Refraction vorkommenden Verschiedenheiten können wir in angeborene und erworbene eintheilen. Wir wollen zuerst von den angeborenen sprechen, weil sie die wichtigsten sind. Zu diesen muss die Verschiedenheit im Grade der Myopie gezählt werden, obwohl sie in der Jugend häufig nur unbeträchtlich ist; die Praedisposition war ja eine ursprüngliche und schloss bereits die weitere Entwicklung in sich ein. Dort wo beide Augen in hohem Grade myopisch werden, bestand dieser hohe Grad von Myopie ebenso wenig schon in der Jugend.

Alle denkbaren Combinationen der Refraction kommen wirklich vor. Bei Emmetropie des einen Auges kann das andere entweder myopisch oder hypermetropisch sein, es kann an beiden Augen Hypermetropie oder Myopie in ganz verschiedenen Graden vorkommen, und endlich kann das eine Auge myopisch und das andere hypermetropisch sein. Bemerkenswerth ist, dass auch, wenn blos auf einer Seite Astigmatismus besteht, in anderer Beziehung eine gewisse Uebereinstimmung im Refractionszustande beider Augen zu herrschen pflegt, d. h. wir finden bei Hypermetropie des einen Auges hypermetropischen Astigmatismus des andern, bei Myopie des einen myopischen Astigmatismus des andern, während bei Emmetropie des einen der Astigmatismus häufig gemischt ist. — Sind bei verschiedenem Refractionszustande beider Augen die Krümmungshalbmesser der Hornhäute nahezu gleich, so muss diess als zufällig angesehen werden; im Allgemeinen ist die Verschiedenheit unter diesen Umständen so gross, wie diess bei Augen verschiedener Individuen gewöhnlich ist. Dasselbe muss auch für die Linse angenommen werden, da die Länge der Sehachse für jedes Auge mit der Natur und dem Grade der Ametropie in Zusammenhang steht.

Was den Gebrauch solcher Augen mit verschiedener Refraction anbelangt, so ist derselbe auf dreifache Weise möglich: 1. als binoculäres Sehen, 2. als Sehen mit jedem der beiden Augen abwechselnd, 3. als Sehen mit beständigem Ausschlusse des einen Auges vom Sehacte.

1. Gleichzeitiges Sehen mit beiden Augen, selbst wenn die Augen gleich sind, wurde vor Zeiten bezweifelt. Es wurde behauptet, dass, wenn auch beide Augen richtig gestellt sind, doch immer nur eines zur Zeit sieht, und dass sich die Augen hierin gegenseitig ablösen. Obwohl diese Behauptung schon längst zurückgewiesen wurde, so ist es doch in der That wahr, dass man in der Regel von einem Auge leichter abstrahiren kann, als von dem andern. Visirt Jemand einen entfernten Gegenstand und schliesst dann das linke Auge, so trifft es sich fast jedesmal, dass das rechte Auge gebraucht wurde. Wird ein fernes Object mit dem ausgestreckten Finger gedeckt, so wird bei den meisten Menschen dieses Verdecken für das rechte Auge geschehen sein. Dort nun, wo Verschiedenheit der Refraction besteht, wird jenes Auge gebraucht, für welches für die gegebene Entfernung das Sehen am schärfsten und leichtesten möglich ist. Handelt es sich aber um eine gewöhnliche Betrachtung eines Objectes, dann kann auch mit ungleichen Augen binoculäres Sehen innerhalb der Grenzen einer mässigen Convergenz statt haben. Diess geschieht mitunter selbst bei beträchtlicher Differenz im Refractionszustande. Die Erfahrung zeigt in der That, dass die Bilder der beiden Netzhäute, trotz der Verschiedenheit in ihrer Grösse und in ihrer Schärfe, sich gegenseitig beim Beobachten unterstützen; es werden nicht nur die Körperlichkeit und die Distanz richtiger geschätzt, sondern es wird auch die Sehschärfe und die Leichtigkeit beim Lesen, Schreiben u. s. w. hiebei gewinnen. Diess kann uns in der That nicht Wunder nehmen. Vorerst gibt es selbst für normale und gleiche Augen einen gewissen Spielraum für die correspondirenden Punkte, und man darf voraussetzen, dass dieser grösser sein wird, wenn wegen ursprünglicher Ungleichheit in beiden Augen die Bedingung, diese Punkte durch Uebung immer vollkommener zu einer unveränderlichen symmetrischen Lage zu verbinden, abgeht (vergl. p. 139)*). Zweitens verschwinden, wie noch deutlicher gezeigt werden soll, die schwachen Farben der diffusen Bilder sofort, wenn das scharfe Bild des zweiten Auges mit ihnen verbunden wird. Ich habe bereits bei Besprechung des irregulären Astigmatismus auf ein bemerkenswerthes Zusammenwirken zweier ungleicher Bilder hingewiesen (vergl. p. 462). Wie ungleich an Grösse und Schärfe sind oft die zwei Netzhautbilder eines von beiden Augen seitlich gesehenen, nahen Objectes in gleichen Augen! Das zweite Auge stört wirklich nur selten das Sehen, falls nicht in Folge einer Trübung viel diffuses Licht auf die Netzhaut geworfen wird; und dass selbst dann die Störung keineswegs Regel ist, ist durch die Seltenheit von Ablenkungen eines mit Cataracta behafteten Auges und durch die Möglichkeit, dass sich in einem Auge Cataracta vollkommen unbemerkt entwickeln kann, erwiesen.

Um uns zu überzeugen, ob beide Augen am Sehacte Theil nehmen, verdecken wir, indem wir ein Object fixiren, dieselben abwechselnd mit

*) Siehe Alfr. Graefe. Arch. s. O. XI, 2.

der Hand. Welches Auge immer wir verdecken, so muss das unverdeckte, ohne sich zu bewegen, fortgesetzt fixiren, und wenn das bedeckte Auge hinter der Hand abgewichen war, so muss es beim Entfernen derselben unmittelbar seine frühere Stelle einnehmen. Lässt das Ergebniss dieser Untersuchung irgend einen Zweifel übrig, so halten wir ein schwaches Prisma mit dem brechenden Winkel nach einwärts vor das eine Auge, worauf, falls das Sehen binocular ist, Doppelbilder erscheinen, welche durch eine deutliche Bewegung nach einwärts überwunden werden.

Wo eine Verschiedenheit im Refractionszustande besteht, können wir den Fern- und Nahpunkt für jedes Auge gesondert bestimmen. Ist die Sehschärfe in beiden Augen genügend, so finden wir gewöhnlich auch die Accommodationsbreiten gleich. Sind dieselben grösser, als die Differenz in der Refraction, so fallen sie theilweise aufeinander: der Nahpunkt des weniger brechenden Auges liegt in einer kürzern Distanz, als der Fernpunkt des stärker brechenden. Aber wir würden uns dennoch täuschen, wenn wir annehmen würden, dass beim binocularen Sehen die Distanz, für welche Accommodation eintritt, gleich sein könnte. Buffon war dieser Meinung, aber wir müssen sie als eine irrthümliche zurückweisen. Wir sind nicht in der Lage selbst eine geringe Differenz in der Refraction durch Accommodation auszugleichen, wenn letztere in beiden Augen die gleiche Breite hat, — so unzertrennlich ist die Accommodationsspannung des einen Auges mit der des andern verbunden. Hiervon können wir uns leicht an uns selbst überzeugen. Es halte jemand, der gleiche Augen hat, ein schwaches negatives oder positives Glas vor das eine Auge, sehe auf irgend ein Object und verdecke dann abwechselnd das eine und das andere Auge. Experimente dieser Art sind in der That wichtig. Wir bemerken zuerst, dass wir fortfahren mit dem einen Auge scharf zu accommodiren, und zwar vorzugsweise mit jenem Auge, welches bei geringerer Spannung der relativen Accommodation die schärfsten und grössten Bilder gibt. Ich selbst z. B. lese Abends ohne die geringste Ermüdung Stunden lang den feinsten Diamantdruck ohne Brillen; bringe ich jedoch vor das eine Auge ein Glas von $^1/_{24}$, so gebrauche ich trotzdem vorzugsweise dieses Auge beim Nahesehen. Schliesse ich dieses, so habe ich für das unbewaffnete Auge ein Zerstreuungsbild, und kann es durch keine wie immer geartete Anstrengung dahin bringen, dass ich ein für beide Augen scharf umschriebenes Bild zugleich erhalte. Endlich bemerke ich, wenn das bewaffnete Auge wieder geöffnet wird, dass die schwächern Theile des Zerstreuungsbildes fast gänzlich verschwinden, während die dunklern Theile mit jenen des scharfen Bildes verschmelzen. Mit Gläsern von $^1/_{48}$ bemerke ich gar keine Störung, mit solchen von $^1/_{24}$ sehe ich etwas Nebeliges, das verschwindet, sobald das nicht richtig gestellte Auge verdeckt wird; aber trotz dieses Nebels werden sowohl die Körperlichkeit, als die Entfernung der Objecte genauer geschätzt, und ich erhalte mit dem Stereoskope ein stereoskopisches Bild. Gewiss reichen aber aus Gründen, welche bereits angeführt sind, die Vortheile des binocularen Sehens weiter, wenn die Verschiedenheit im Refractionszustande ursprünglich bestanden hat. Ueberdiess accommodirt, wie bei den Experimenten mit der durch Gläser erzielten künstlichen Differenz, das eine Auge in diesem Falle lieber auf Kosten des andern scharf, als dass es durch eine mittlere Accommodationsspannung in beiden Augen

halbscharfe Bilder zu erhalten suchte. Diess hindert jedoch nicht, dass die Sehschärfe, wenn sie in beiden Augen unvollkommen ist, mit Beihülfe des weniger genau accommodirten Auges grösser werde; ich habe diess besonders bei Störungen in Folge von Astigmatismus beobachtet. Aber selbst, wenn in Folge eines zu grossen Refractionsunterschiedes das zweite Auge keine Unterstützung bieten kann, verursacht es wenigstens keine Störung. Ich machte neulich die Bekanntschaft eines verdienstvollen Optikers, der mir mittheilte, dass er auf dem einen Auge Emmetrop sei, während das andere eine $M = \frac{1}{5 \cdot 5}$ habe. Die Augen sind für jede Entfernung richtig gestellt. Beim gewöhnlichen Sehen empfindet er keine Störung, und verwendet dabei sein emmetropisches Auge. Eine kleine Lichtflamme in grosser Entfernung erscheint ihm wirklich bei Gebrauch des emmetropischen Auges sehr klein, bietet jedoch bei Gebrauch des myopischen ein grosses, diffuses Bild. Oeffnet er dann aber das emmetropische Auge, so verkleinert sich das diffuse Bild auf die Hälfte. Er fragte mich nach der Erklärung dieses Factums; und ich fand dieselbe zum Theil in der Verengerung der Pupille des myopischen Auges beim Oeffnen des andern, zum Theil in dem Umstande, dass die äussersten und lichtschwächsten Theile des Diffusionsbildes wirklich unsichtbar werden: der äusserste Theil war lichtschwächer, weil das Auge für einen näheren Punkt accommodirt war.

Nicht selten kam es mir vor, dass der Kranke mit dem einen Auge kaum irgend Etwas unterscheiden zu können glaubte, obwohl die Sehschärfe noch gut war. Ich fand diess sowohl bei hohen Graden von Myopie, als auch von Hypermetropie. Dass das Sehvermögen eines stark hypermetropischen Auges, welches Gläser von $^1/_8$ oder selbst von $^1/_6$ benöthigt, um scharfe Netzhautbilder zu erhalten, übersehen wird, kann uns nicht überraschen; aber sonderbar ist es, dass gescheite und wohlunterrichtete Männer so häufig darüber in Unkenntniss bleiben, dass sie mit ihrem stark myopischen Auge noch hinreichend gut sehen, wenn sie die Objecte nur nahe genug ans Auge bringen. In diesen Fällen ist das nichtgebrauchte Auge häufig etwas abgewichen, und zwar fast ohne Ausnahme nach aussen. Diese Ablenkung fand ich auch, wenn das abgelenkte Auge stark hypermetropisch war, vorausgesetzt, dass auf dem gebrauchten Auge Myopie, oder doch wenigstens Emmetropie bestand. Unter diesen Verhältnissen kann die Richtung des Auges für gewisse Entfernungen noch correct geblieben sein. Ich muss überhaupt bemerken, dass durch Verschiedenheit im Refractionszustande nie Ablenkung hervorgerufen wird. Höchstens kann diese Verschiedenheit daran Schuld sein, dass die Ablenkung nicht verhindert wird, und sie wird wirklich nicht länger hintangehalten, sobald der Unterschied der Refraction so gross ist, dass das eine Auge alle Bedeutung für das binoculäre Sehen verliert; dieses Auge ist dann einem erblindeten gleich zu stellen, und weicht daher, so wie dieses, nach aussen ab. Solange aber das eine Auge noch irgend eine Mitwirkung beim binoculären Sehen hat, wird das Sehen durch dasselbe verbessert, und es entsteht sicherlich nie, wie behauptet wurde, Ablenkung, um das binoculäre Sehen zu verhindern.

2. Die Augen werden abwechselnd gebraucht. — Es kommt nicht selten vor, dass bei Verschiedenheit im Refractionszustande das eine

Auge für nahe, und das andre für ferne Gegenstände verwendet wird. Ich denke aber besonders an jene Fälle, wo in Folge dessen ein eigentliches binoculäres Sehen nicht statthaben kann, und wo eine gewisse Ablenkung besteht. Augenscheinlich kommt dieses vor, so lange binoculäres Sehen erhalten bleibt, wo dann, wie wir gesehen haben, das eine Auge immer scharf accommodirt, und daher jedes Auge in dem ganzen Gebiete der Accommodation für seinen Theil den Dienst verrichtet. In diesen Fällen kann es nun scheinen, als ob die Accommodationsbreite ausserordentlich gross sei. So rühmte sich einer meiner Freunde, dass er vollkommen scharf in die Ferne sehe, und dass er beim Nahesehen Niemanden nachstünde. Diess klärte sich bei der Untersuchung sofort auf. Sein rechtes Auge war emmetropisch, und sein linkes zeigte eine $M = \frac{1}{5 \cdot 5}$. Er war sich dessen selbst nicht bewusst. Nach seinem achtundzwanzigsten Lebensjahre begann das letztere Auge nach aussen abzuweichen und wurde dadurch vom binoculären Sehacte ausgeschlossen. Er gebraucht es jedoch noch immer, um sehr kleine Gegenstände genau zu sehen. Auf diese Weise wird ein auswärts abgelenktes myopisches Auge am sichersten vor Amblyopie bewahrt, während ein solches, welches nach innen abgelenkt wird, im grössern Theile seines Gesichtsfeldes amblyopisch wird. Dass es von Wichtigkeit ist, dasselbe, wo möglich, vor dieser Amblyopie zu bewahren, braucht kaum erwähnt zu werden.

3. Ein Auge kann beim Sehen vollkommen ausgeschlossen bleiben. — Dabei sind zwei Reihen von Fällen zu unterscheiden; solche, wo ein krankhafter Zustand des einen Auges (z. B. Netzhautablösung) vorhanden ist, und zur Ausschliessung desselben mit Ablenkung Veranlassung gegeben hat, und solche, wo die Ablenkung das Primäre und durch die Muskelaction bedingte und die Sehstörung die Folge des mangelnden Gebrauches des Auges ist. Von den Fällen der ersten Art können wir füglich schweigen. Was die letzteren betrifft, so müssen wir unterscheiden, ob die Ablenkung nach innen oder nach aussen erfolgt ist. Bei der Ablenkung nach aussen wird das Sehfeld erweitert und erstreckt sich über Gegenstände, welche von dem andern Auge nicht gesehen werden. Bei der Ablenkung nach innen ist das Sehfeld beschränkt, und das des abgelenkten Auges fällt mehr mit dem des andern zusammen. Diess kann Verwirrung erzeugen, und wir unterdrücken in Folge dessen psychisch die Eindrücke, welche wir auf den correspondirenden Stellen des abgelenkten Auges erhalten, welches daher, soweit sich das binoculäre Sehfeld erstreckt, amblyopisch wird. Bei der Ablenkung nach aussen ist blos ein kleiner Theil des Sehfeldes gemeinschaftlich, und es ist noch überdiess ein Abstrahiren weniger erforderlich, da das gewöhnlich stark myopische Auge sehr diffuse Bilder erhält. Es erhält sich daher in diesen Fällen das Sehvermögen in ziemlich befriedigendem Grade, selbst wenn das Auge nicht gebraucht wird.

Nun noch ein Wort über die erworbene Verschiedenheit des Refractionszustandes. Sie beschränkt sich hauptsächlich auf Aphakie und auf Accommodationsverlust des einen Auges. Die Art, wie das Sehen bei Aphakie des einen Auges vor sich gehe, wurde von v. Graefe, hauptsächlich in Bezug auf die Frage, ob es wünschenswerth sei, das eine Auge wegen Katarakt zu operiren, wenn das andere noch gesund ist, in Untersuchung gezogen.

Seine Antwort ist, dass, Alles zusammen genommen, „die Staaroperation an einem Auge bei wichtigen Vortheilen keinen wesentlichen Nachtheil bringe, und dass sie daher immer dann angezeigt sei, wenn wir mit ziemlicher Sicherheit auf einen günstigen Erfolg rechnen können". Dieser Meinung kann ich von ganzem Herzen beistimmen. Insbesondere bei jugendlichen Individuen, wo zu gleicher Zeit die Gefahr der Operation eine geringe ist, werfen die Vortheile eines erweiterten Sehfeldes, welches die Gefahr der Verwundung des gesunden Auges verringert, die Entfernung der Deformität und das grössere Selbstvertrauen, welches der Besitz zweier Augen einflösst, ein beträchtliches Gewicht in die Waagschale. Ueberdiess kann ich die Beobachtung v. Graefe's bestätigen, dass bei jugendlichen Individuen das Vorhandensein eines gemeinschaftlichen Sehactes häufig constatirt werden kann, wobei das Urtheil über die Körperlichkeit und Entfernung der Gegenstände verbessert wird, und dass dort, wo gemeinschaftliches Sehen fehlt, das linsenlose Auge wenigstens nur äusserst selten irgend welche Störung veranlasst. In einem einzigen Falle brachte die Ablenkung nach aussen durch Doppeltsehen Störung hervor. Ueberdiess kann ich nicht zugeben, dass in Folge der Operation Strabismus auftreten könne. Höchstens ist es verständlich, dass derselbe grösser wird, wo er sich während des Bestehens der Katarakt entwickelt hat, und dann Doppelbilder unmittelbar nach der Operation erzeugt, welche nahe an einander stehen und durch Muskelaction nur schwer vereinigt werden können.

In jenen Fällen endlich, wo das Accommodationsvermögen des einen Auges verloren oder vermindert ist, bewegt sich die Entfernung des deutlichen Sehens nicht gleichmässig auf beiden Seiten. Beim Sehen auf Abstand können z. B. beide Augen richtig accommodirt sein; dieses richtige Verhältniss hört aber auf, wenn der Gegenstand sich nähert. Die Ungleichheit, welche gewöhnlich plötzlich auftritt, wahrscheinlich noch mehr ihr wechselnder Grad, gibt zu Klagen über Flimmern Veranlassung. Die grosse Pupille ist doppelt schädlich, da sie die Zerstreuungskreise grösser macht, und die Lichtstärke in dem Auge, welches nicht scharf sieht, vermehrt. Wir werden bei Besprechung der Accommodationsanomalien auf diesen Punkt zurückkommen.

---

§ 42. Behandlung und optische Hülfsmittel bei Refractionsverschiedenheit beider Augen.

Bei der Feststellung der Indication kommt es vor Allem darauf an zu bestimmen, ob binoculäres Sehen vorhanden ist oder nicht.

Dort, wo in irgend einer Entfernung binoculäres Sehen besteht, muss man dasselbe zu erhalten und nach Möglichkeit über ein grosses Bereich auszudehnen suchen. Bei der Wahl der Gläser gehen wir von dem schärfer sehenden Auge aus, welchem das andere untergeordnet bleiben muss. Wo nur ein geringer Unterschied in der Sehschärfe besteht, kann auch in Betracht gezogen werden, welches Auge das schwächere Glas zur Correctur benö-

thigt, und dieses ist auch gewöhnlich dasselbe, welches die grössere Seh-Sehschärfe hat. Für dieses Auge nun gelten mit Berücksichtigung seiner Refraction und Accommodation, unabhängig vom andern Auge, alle Regeln, welche uns überhaupt bei der Wahl von Gläsern leiten (vergl. §§ 18, 23 und 32). Es fragt sich nur noch, welches Glas das andere Auge benöthigt?

Auf den ersten Blick könnte man annehmen, dass man einfach jenes Glas wählen müsste, welches den Fernpunkt in dieselbe Distanz bringt, in welcher er vor dem ersten Auge liegt. Diess ist in der That die Meinung der Laien: „Meine Augen sind verschieden, folglich brauche ich verschiedene Gläser," — so lautet das gewöhnliche Raisonnement. Es ist diess so einleuchtend, so handgreiflich und anscheinend so logisch, dass wir davon nicht überrascht werden können, und zwar um so weniger, als die sogenannten „Optiker" dasselbe unterstützen und ohne Weiters bereit sind, zwei verschiedene Gläser in denselben Rahmen zu fassen. Ich bin jedoch weit entfernt diese Regel zu befolgen. Schon die Gewohnheit erzeugt eine grosse Schwierigkeit. Ein Individuum hat trotz der Hypermetropie seines einen Auges in seiner Jugend immer ohne Brillen gelesen und geschrieben, und hat beim binoculären Sehen nie Schwierigkeiten empfunden. Ein Anderer liest ausgezeichnet und ermüdet nicht, obwohl seine Augen in verschiedenem Grade myopisch sind. Wenn wir nun solchen Leuten gleiche Convex- oder Concavgläser für beide Augen geben, so werden sie befriedigt sein, da das Verhältniss zwischen beiden Augen, an welches sie gewöhnt sind, fast unverändert bleibt. Geben wir ihnen dagegen verschiedene Gläser, durch welche das Accommodationsbereich für beide Augen gleicher wird, so werden wir häufig genug das Sprichwort bestätigt finden: „le mieux est l'ennemi du bien". Die Ursache liegt hauptsächlich darin, dass, wenn die Distanz des Deutlichsehens gleich gemacht wird, die Bilder in beiden Augen nicht gleich, sondern vorzugsweise der Grösse nach verschieden werden. Innerhalb gewisser Grenzen ist eine Differenz in der Grösse, so wie sie bei gleichen Augen durch eine Combination eines positiven und negativen Glases für das eine Auge hervorgebracht werden kann, wie das Experiment zeigt, nicht mit wesentlichen Störungen verbunden, besonders dann nicht, wenn, wie beim Lesen, Schreiben etc. auf Gegenstände gesehen wird, welche in derselben Ebene liegen. Wenn wir die Augen abwechselnd schliessen, so finden wir, dass die Buchstaben mit dem einen kleiner, mit dem andern grösser erscheinen, während beide Augen dieselben zu einer mittleren Grösse combiniren. Es ist bekannt, dass eben dasselbe eintritt, wenn wir durch ein Stereoskop zwei ähnliche Figuren betrachten, welche nur um ein Geringes in ihrer Grösse verschieden sind. Es ist diess die Folge der wechselnden und unvollkommenen Uebereinstimmung der correspondirenden symmetrischen Punkte, die mit Nothwendigkeit aus dem gewöhnlichen Gebrauche der Augen folgt, bei welchem nämlich Buchstaben und andere Formen sehr häufig in etwas verschiedener Entfernung vor die beiden Augen treten. Ueberschreitet jedoch die Differenz in der Grösse einen gewissen Grad, so wird augenscheinlich Doppeltsehen auftreten, indem dem einen Auge grössere, dem andern kleinere Buchstaben entsprechen, welche nicht zur Deckung gebracht werden können, wesshalb man geneigt ist, sie durch Ablenken der einen Sehlinie noch weiter von einander zu trennen. Dasselbe geschieht, wenn eine gleiche deutliche Sehweite bei grosser Diffe-

renz in der Refraction durch Verschiedenheit in den Gläsern zu Wege gebracht wurde*). Diess führte mich dazu, die Regel zu adoptiren, für beide Augen gleiche Gläser zu geben, wenn bei Augen von verschiedener Refraction in irgend einer Entfernung das binoculäre Sehen ohne Gläser scharf und bequem ist, und eine Veränderung dieser Entfernung sich nöthig erweist; und ich finde, dass dieses Verfahren ganz gut entspricht. Aber dürfen wir nie von dieser Regel abweichen? Ohne Zweifel. Zuerst dürfen wir es thun, wenn der Refractionsunterschied gering ist und nicht mehr als $^1/_{48}$ oder $^1/_{36}$ beträgt. Ich habe insbesondere Myopen gesehen, welche einem solchen correspondirenden Unterschied in den Gläsern für die Ferne den Vorzug gaben. Ueberdiess dürfen wir dort, wo ein grösserer Unterschied in der Refraction besteht, durch eine mässige Verschiedenheit der Gläser dieselbe theilweise corrigiren; wir dürfen z. B. bei $M = {}^1/_{12}$ in einem Auge und $M = {}^1/_8$ in dem andern, dem ersteren ein Glas von $- {}^1/_{12}$ (falls keine Contraindication gegen die Neutralisation vorliegt) und gleichzeitig dem zweiten ein Glas von $- {}^1/_{10}$ geben. Die Verschiedenheit der Gläser soll jedoch $^1/_{40}$ oder $^1/_{30}$ nicht übertreffen. Endlich mag darin ein Vortheil liegen, dass wir bei unvollkommener Sehschärfe durch verschiedene Gläser nahezu scharfe Bilder auf beiden Netzhäuten entwerfen, durch deren Zusammenwirken dann das Unterscheidungsvermögen manchmal wirklich verbessert wird. Diess gilt insbesondere von Hypermetropen; diess sind eben auch die Fälle, wo die Kranken bei verschiedenem Refractionsunterschiede mit ihrem Sehvermögen für gar keine Entfernung befriedigt sind. Unter allen Umständen aber muss früher sorgfältig geprüft werden, ob die Combination verschiedener Gläser auch wirklich entspricht. Es lässt sich darüber a priori kein Urtheil fällen, da man sich an die bestehende Differenz der Augen schon gewöhnt haben, und da diess einen Einfluss auf die correspondirenden Punkte genommen haben kann.

Die Function eines Auges, welches am gemeinschaftlichen Sehen Theil nimmt, bleibt erhalten, selbst wenn es andauernd sehr unvollkommene diffuse Bilder empfängt. Insbesondere wird das Sehfeld nicht eingeschränkt, und wenn auch die Sehschärfe etwas abnimmt, so kehrt sie doch wieder zurück, sobald von dem Auge mehr gefordert wird, z. B. bei Sehstörungen des andern Auges und bei systematischen Uebungen. Diese letzteren halte ich in jedem Falle für sehr wünschenswerth, insbesondere bei hohen Graden von Hypermetropie, sowie bei Aphakie; dieselben werden mittelst eines einfachen Convexglases bei Verschluss des gewöhnlich gebrauchten Auges ausgeführt. Dieses Auge bleibt dann sehtüchtig und ist bereit allsogleich Unterstützung zu bieten, sobald das andere Auge Schaden genommen, und kann gleichzeitig besser beim binoculären Sehacte Hülfe leisten. Ein hochgradig myopisches Auge kann sich ohne Glas üben. Dasselbe ist jedoch gewöhnlich nach aussen abge-

*) Wir können sehr periskopische Gläser (deren Knotenpunkte ausserhalb des Körpers der Linse liegen) dem einen Auge mit der convexen, dem andern mit der concaven Oberfläche zuwenden, oder wir können versuchen durch eine besondere Combination eines concaven und eines convexen Glases, welche für jedes Auge verschieden ist, die resultirenden Knotenpunkte auf beiden Seiten in gleiche Entfernung von der Netzhaut zu bringen, und hiedurch die Bilder gleich gross machen; aber es ist diese Methode sehr delicat, und ich kann mir nicht denken, dass dieselbe jemals in die Praxis aufgenommen werden wird.

lenkt und gehört dann zu einer andern Kategorie, nämlich zu jenen Fällen, bei welchen

Binoculäres Sehen fehlt. — Hierher gehört die Mehrzahl jener bemerkenswerthen Fälle, in welchen die Kranken einen Fehler der Refraction als vollkommene Unbrauchbarkeit ansehen. Ich will ein Paar solcher Fälle mittheilen:

I. — Herr R., 58 Jahre alt, Architekt, hat sich von Jugend auf sehr viel mit Architekturzeichnen beschäftigt. Dabei gebrauchte er immer sein linkes Auge. Seit einer Augenkrankheit, an der er gelitten, sieht er mit diesem linken Auge weniger scharf. „Es ist mein einziges Auge," sagt er, „und ich bin sehr bestürzt." Ich constatirte das Bestehen einer $M = 1 : 11{\cdot}5$, $S = 0{\cdot}6$, bei Abhaltung des diffusen Lichtes, und fand nebstdem Synechie und Trübung der vordern Linsenfläche in Folge von Iritis. Beim Ansehen des ein wenig nach aussen abgelenkten, rechten Auges mit dem Augenspiegel finde ich dasselbe frei von Synechie und sehe mit $^1/_{10}$ den Augengrund im aufrechten Bilde nur wenig verschwommen: das Auge war daher hypermetropisch. Auf die Frage, wie er mit diesem Auge sehe, erhielt ich die Antwort, dass er in der Ferne alles nur sehr verschwommen, in der Nähe gar nichts damit sehe. Sein Erstaunen, als er mit $^1/_{10}$ in die Ferne sah, ist noch lebhaft in meinem Gedächtniss. „Ich sehe wahrlich mit diesem Auge besser," rief er aus, „als ich je mit dem guten gesehen habe, selbst wenn ich Concavgläser genommen". Die Gegenstände erschienen ihm zu gleicher Zeit viel grösser, und wenn er auf solche, die er kannte, sah, so hielt er die Entfernung für geringer, als sie war. Mit $^1/_6$ las er ohne Schwierigkeit, mit $^1/_5$ unterschied er den feinsten Druck. Seine Hypermetropie betrug nicht mehr, als $^1/_9$, S war dabei $= 0{\cdot}7$.

Zwei Punkte verdienen hier unsere Aufmerksamkeit. Erstens, dass bei anscheinendem Nichtgebrauch das Auge so gut geblieben; ich bin aber überzeugt, dass der Kranke beim Sehen in die Ferne nicht selten dieses Auge gebraucht hat. Zweitens, dass er bei dem verhältnissmässig geringen Grade von Hypermetropie den Werth des Auges nicht gekannt hat. Diess ist sicherlich dem Umstande zuzuschreiben, dass das andere Auge myopisch war, und dass er in der Jugend, wo die Myopie etwas geringer war, nahe Gegenstände ohne Anstrengung sah, und zu gleicher Zeit in der Ferne besser, als mit dem hypermetropischen Auge unterscheiden konnte. Auf diese Weise fand sich keine Gelegenheit, die Accommodation allzusehr anzuspannen. Wären beide Augen hypermetropisch gewesen, so hätte Herr R. ohne Zweifel mit denselben gelesen.

II. — Frau L., 40 Jahre alt, hat eine Menge allgemeiner Leiden und schreibt es diesen zu, dass ihr Gesicht seit den letzten sechs Monaten sehr abgenommen hat. „Mit dem rechten Auge habe sie nie gesehen." Es ist stark nach aussen abgelenkt. Das linke Auge zeigt $M = 1 : 5$, $S = 10 : 70$, die verminderte Sehschärfe ist durch Chorioiditis disseminata und Glaskörperflocken bedingt. Ein Blick mit dem Augenspiegel ins rechte Auge zeigt mir mit $^1/_{10}$ in einiger Entfernung das umgekehrte Bild des Augengrundes, welcher eine ziemlich beträchtliche, kreisförmige Atrophie aufweist. Es erhellt daraus, dass die Myopie auf diesem Auge einen viel höhern Grad habe, und als ich ihr Nr. I auf 2″ nahe bringe, liest sie zu ihrem grössten Erstaunen diese feine Schrift ohne irgend welche Schwierigkeit. „Sie habe diess nie versucht." Auf diesem Auge war $M = 1 : 2{\cdot}5$, $S = 10 : 40$, und mit $- ^1/_5$ konnte sie noch zur Genüge lesen. Während ich das linke Auge behandelte, rieth ich ihr das rechte vorsichtig, theils ohne Glas, theils mit $- ^1/_5$, zu üben. S stieg dadurch innerhalb einiger Monate bis auf $9 : 20$, und dieses Auge war und blieb brauchbarer, als das linke.

Im Allgemeinen ist die Behandlung verschiedener Refractionszustände durch optische Hülfsmittel viel leichter, wenn Ablenkung des einen Auges vorhanden ist, als bei binoculärem Sehen. In diesem Falle behalten wir das bessere Auge für den gewöhnlichen Gebrauch und conserviren das andere durch Uebung bei Ausschluss des bessern. In seltenen Fällen wird bei Ablenkung nach aussen das eine Auge ausschliesslich für die Ferne, das andere für die Nähe gebraucht. Diesem Bestreben müssen die Kranken nachzukommen suchen, und wir behandeln jedes einzelne, wenn es nöthig ist, nach den allgemeinen Regeln. Diess ist daher noch einfacher. Endlich ist bei Ablenkung nach innen fast jedesmal, bei Ablenkung nach aussen auch nicht selten, das eine Auge ganz ausser Gebrauch; es war vielleicht selbst ursprünglich weniger scharfsichtig und ist nun ganz amblyopisch geworden. Wenn es beim Verschlusse des andern Auges nicht mehr fixirt, so ist keine Hoffnung mehr vorhanden; jede Uebung ist dann vergeblich. — Die Frage, wann es bei Ablenkung angezeigt ist, die Tenotomie zu machen, kann hier nicht des Weitern besprochen werden. Ich kann in dieser Beziehung auf die bekannte Abhandlung v. Graefe's verweisen. Ein Paar Bemerkungen mögen jedoch hier ihren Platz finden. Ich habe als Ergebniss meiner Untersuchungen angenommen, dass Refractionsverschiedenheit nie Strabismus erzeugt, sondern blos sein Auftreten nicht verhindert. Es kann daher aus der Refractionsverschiedenheit nie eine entschiedene Contraindication für Tenotomie abgeleitet werden. Wir können blos sagen, dass das binoculäre Sehen keinen besondern Werth haben würde. Und wird die Tenotomie nicht auch wegen des äussern Ansehens allein ausgeführt, selbst wenn das eine Auge sein Sehvermögen ganz verloren? — Eine zweite Bemerkung ist die, dass bei den höchsten Graden von Myopie ein nach aussen abgelenktes Auge durch einfache Tenotomie wohl beim Sehen in die Ferne eine bessere Stellung erlangt, aber selten convergiren lernt.

Bei Aphakie des einen Auges mit normaler Sehschärfe des andern, insbesondere bei Ablenkung desselben, ist einige Uebung mit einem Convexglase zu empfehlen, um das Abnehmen der Sehschärfe zu verhindern. Einige Minuten täglich genügen dazu.

Auf die Indication bei Verlust der Accommodation des einen Auges werde ich zurückkehren, wenn ich von den Anomalien der Accommodation sprechen werde, zu deren Betrachtung wir nun übergehen.

II.

ANOMALIEN DER ACCOMMODATION.

EINLEITUNG.

Wir begannen das zweite Kapitel dieses Werkes mit dem Nachweise, dass die Anomalien der Refraction und der Accommodation zwei verschiedene Kategorien bilden. Wir legten Gewicht auf das Factum, dass, da die ersteren Anomalien der Form, die letzteren Störungen in der Function der Muskeln sind, sie auch strenge von einander geschieden werden müssen. Es darf jedoch bei der Verschiedenheit in der Natur dieser Anomalien der zwischen beiden bestehende Zusammenhang nicht übersehen werden. So mussten wir bei Besprechung des emmetropischen Auges die Presbyopie abhandeln, welche, obwohl der Normalzustand im vorgerückterem Lebensalter, dennoch in Beziehung auf ihre Wesenheit zu den Anomalien der Accommodation zu zählen ist. So ist auch bei Aphakie die Refraction abnorm, aber zu gleicher Zeit die Accommodation aufgehoben. So sahen wir ferner, wie die Hypermetropie, und manchmal auch die Myopie, zum Accommodationskrampf führt, und wie bei beiden Formen die Verbindung zwischen Accommodation und Convergenz eigenthümlich verändert ist. Wenn wir noch hinzufügen, dass die Symptome von einander abweichen, je nachdem die Accommodationsanomalie im emmetropischen oder ametropischen Auge auftritt, und dass die Differenzialdiagnose zwischen diesen beiden Kategorien nicht immer frei von Schwierigkeiten ist, so wird man zugeben, dass es praktisch erscheint, in demselben Werke, in welchem die Refractionsanomalien ausführlich behandelt worden sind, eine kurze Schilderung der Accommodationsstörungen folgen zu lassen.

Die Accommodation hängt von Muskelaction ab. Wir haben hier folglich die den Muskeln im Allgemeinen eigenen Anomalien zu erwarten, nämlich: Lähmung und Krampf. In Verbindung mit der erstern ist die Wirkung der Mydriatica, in Verbindung mit dem letztern die der Myotica zu untersuchen. Jede Untersuchung muss sich auf die Kenntniss der bei dem betreffenden Zustande mitergriffenen Nerven stützen, und wir haben von denselben in Verbindung mit den Bewegungen der Iris, welche mit denen der Accommodation associirt sind, zu handeln.

Wir besprechen daher in drei Kapiteln:

I. Den Einfluss der Nerven auf die Accommodation und auf die Bewegungen der Iris.

II. Die Lähmung und Schwäche.

III. Den Krampf.

ZEHNTES KAPITEL.

Einfluss der Nerven auf die Accommodation und auf die Bewegungen der Iris.

§ 43. Die Bewegungen der Iris.

Der Mechanismus der Accommodation ist schon (§ 4) besprochen worden; wir können uns daher hier auf die Bewegungen der Iris beschränken.

Die Bewegungen der Iris sind zweierlei Art: reflectorische und willkürliche. Die reflectorische Thätigkeit äussert sich als Zusammenziehung der Pupille in Folge des Reizes, den einfallendes Licht auf die Netzhaut ausübt. Fontana[1]) hat gezeigt, dass Licht, welches blos auf die Iris fällt, keine bemerkbare Zusammenziehung verursacht. Wir haben dieses Resultat bestätigt, indem wir das Bild einer kleinen, entfernten Flamme mittelst einer Convexlinse auf die Iris fallen liessen, wobei bei geringer Wahrnehmung des Lichtes eine zweifelhafte Contraction erfolgte, welche jedoch alsogleich einer kräftigen wich, wenn das durch die Pupille eindringende Licht eine lebhafte Wahrnehmung erregte[2]). Dass diese Contraction durch Reflexwirkung des Sehnerven auf den Oculomotorius im Gehirn erfolgt, wurde von Mayo[3]) durch schlagende Experimente an Tauben erwiesen. Nichtsdestoweniger haben die Experimente von Harless[4]) und Budge[5]) gezeigt, dass sich die Pupille selbst nach dem Tode, solange die Gewebe noch reizbar sind, auf andauernden Lichteinfluss verengt. Von der Richtigkeit dieser Beobachtung haben wir uns selbst überzeugt. Bei einem Hunde, der durch Verblutung getödtet wurde, wurde das eine Auge geschlossen, das andre offen gehalten und dem Lichte ausgesetzt; nach Verlauf einer Stunde war die Pupille des geöffneten Auges merklich enger, als die des geschlossenen. Dieses letztere blieb nun ebenfalls

---

[1]) Dei Moti dell'Iride. Lucca. 1765. Vergl. auch Programma etc. cui inest Diss. E. H. Weberi, Summam doctrinae de motu iridis continens 1821.

[2]) Vergl. de Ruiter, De actione Atropae Belladonnae in iridem. Trajecti ad Rhenum, 1853 und in Nederl. Lancet III, p. 433. Ich mache von diesen unter meiner Leitung und Assistenz ausgeführten Untersuchungen über Iris und Belladonna Gebrauch, wenn ich den Plural „wir" anwende und die Abhandlung anführe.

[3]) Mayo, Anatomical and Physiological Commentaries, Nr. II, 4. B. London, 1823.

[4]) Die Muskelirritabilität, München, 1850.

[5]) Comptes rendus. T. XXXV, p. 561.

dem Lichte ausgesetzt, und am folgenden Tage war der Durchmesser der Pupillen an beiden Augen gleich. Bei einigen Fröschen wurde der Oberkiefer mit den Augen herausgenommen, ein Auge dem Lichte ausgesetzt, das andre mit mehrfach gefaltetem schwarzem Papier bedeckt; nach Verlauf einer halben Stunde war die dem Lichte zugängliche Pupille eng, die andre weit. Die letztere contrahirte sich jedoch ebenfalls fast unmittelbar nach Entfernung des Papieres [1]).

Fällt nur auf einer Seite Licht ein, so contrahiren sich doch die Pupillen beiderseits; die Zusammenziehung auf der Seite, wo das Licht einfällt, nennen wir die directe, die auf der entgegengesetzten Seite die consensuelle [2]). Wir können diese beiden Arten, ebenso wie die accommodative (Listing), an uns selbst nach der entoptischen Methode genau studiren (vergl. p. 166). Eine kleine Oeffnung in einer undurchsichtigen Platte, ungefähr 6‴ vor dem Auge gehalten und gegen das Licht gewendet, gibt im Glaskörper ein Bündel nahezu paralleler Strahlen vom Umfange der Pupille und wird folglich als runde, beleuchtete Scheibe gesehen, deren Durchmesser mit dem der Pupille wächst und abnimmt. Waren beide Augen geschlossen, und wird nun das eine geöffnet, so bemerkt man, dass die Pupille sich unmittelbar darauf zusammenzieht und sich dann langsam und mit zitternden Schwingungen wieder erweitert; die geringe Menge Lichtes, welche durch die Oeffnung ins Auge dringt, genügt, um eine starke Contraction zu erregen. Die consensuelle Contraction hingegen beginnt, nach Listing [3]), nicht vor $^2/_5$ Secunden nach Oeffnung des andern Auges, und dauert ungefähr $^1/_5$ Secunde, worauf sich die Pupille abermals langsam und mit zitternden Schwingungen für einige Secunden erweitert. Er beobachtete, dass die consensuelle Dilatation ungefähr $^1/_2$ Secunde nach Schluss des andern Auges beginnt und mit abnehmender Geschwindigkeit durch ein oder zwei Secunden andauert. Dieses Letztere dauert in meinen Augen beträchtlich länger [4]). Der ganze Verlauf der consensuellen Contraction und Dilatation (Oeffnen des linken Auges, Contraction des rechten, Schliessen des linken, Dilatation des rechten), welcher nach Listing $^2/_5 + {}^1/_5 + {}^1/_2 + 1$ bis $2 = 2{\cdot}1$ bis $3{\cdot}1$ Secunden dauert, tritt bei mir zehnmal in der Minute ein und dauert folglich sechs Secunden. Diese Differenz bezieht sich hauptsächlich auf die Dauer der consensuellen Dilatation, deren Maximum sehr schwer genau zu bestimmen ist. — Bei diesen Experimenten muss der Verschluss der Augen, einzig und allein aus mehr als einem Grunde, durch das Vorhalten eines Schirmes bewerkstelligt werden.

Seitdem habe ich mich durch Versuche überzeugt, dass die directen und consensuellen Bewegungen der Pupille durchaus gleichzeitig in ihrem Beginne

---

[1]) Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand wurden gemacht von Kuyper (l. c.), H. Mueller (Würzburger Abhandl. X, p. L) und besonders von Brown-Séquard (Journ. de Physiologie de l'homme et des animaux, 1859, T. II, pp. 281 und 451).

[2]) Wenn in einem Auge directe Contraction mangelt, sich aber consensuelle zeigt, so sind wir zur Annahme einer Erblindung dieses Auges berechtigt. Sind beide Contractionen vorhanden, oder fehlen sie beide, so ist über das Sehvermögen kein sicherer Schluss zu ziehen. Vergl. in Bezug auf Letzteres Mackenzie, The Physiology of Vision, London, 1841, p. 198.

[3]) Beitrag zur physiolog. Optik, Göttingen, 1845.

[4]) Conf. Nederlandsch Lancet, 2. Serie, 1846, D. II, p. 442.

und Verlauf sind.[1]) Setzt man vor das Auge ein Convexglas und sieht nach einem entfernten Lichtpunkt, so sieht man eine leuchtende Scheibe, deren Form und Grösse von der Form und Grösse der Pupille abhängen, setzt man nun vor jedes Auge ein Convexglas das eine etwas höher als das andere, so sieht man beide Pupillen übereinander und kann sie bequem vergleichen.

Die accommodative Bewegung ist, wie die Accommodation selbst, als eine willkührliche aufzufassen. Zwar ziehen wir unsere Pupille zusammen, ohne uns der Contraction von Muskelfasern bewusst zu werden; diess gilt jedoch von jeder andern willkührlichen Bewegung auch. Wenn Jemand den Ton seiner Stimme steigert, so ist er sich nicht bewusst, dass er seine Stimmbänder durch Muskelcontraction mehr anspannt; er erreicht seinen Zweck, ohne sich der Mittel, durch welche er es thut, bewusst zu werden. Dasselbe ist auf die Accommodation für die Nähe und auf die sie begleitende Contraction der Pupille anwendbar. Der Umstand, dass diese letztere blos eine associirte Bewegung ist, raubt ihr nicht den Charakter der Willkülrlichkeit, denn es gibt kaum einen einzigen Muskel, welcher sich ganz für sich allein zusammenziehen kann.

E. H. Weber[2]) hat die Frage erörtert, ob die Contraction der Pupille mit der Convergenz der Sehlinien oder mit der Accommodation associirt sei. Aus seinen Versuchen, bei welchen er denselben Gegenstand abwechselnd durch concave und durch convexe Gläser scharf sah, schloss er, dass sich die Pupille ohne Aenderung der Convergenz weder verengere, noch erweitere. Cramer[3]) wiederholte diese Experimente, ohne jedoch genügend Sorge zu tragen, dass das Sehen durch die Achsen der Gläser geschehe, so dass bei Entfernung der letztern leicht einige Veränderung der Convergenz hervorgerufen wurde. Nichtsdestoweniger kam ich bei meinen Experimenten mit Dr. de Ruiter zu denselben Schlüssen, wie Cramer, nämlich, dass Accommodationsspannung, selbst ohne Vermehrung der Convergenz, von Verengerung der Pupille begleitet sei. Jetzt finde ich bei Wiederholung dieser Experimente, auch ohne Gebrauch von Gläsern, und nachdem ich im Stande bin, einen und denselben Punkt unverändert fixirend, meine Accommodation abwechselnd mehr oder weniger anzuspannen, dass insbesondere beim Fixiren eines entfernten Gegenstandes jede stärkere Accommodationsanstrengung mit Verengerung der Pupille verbunden ist. Diese Experimente, bei welchen die Verengerung der Pupille so durchaus ihren willkürlichen Charakter zeigt, sind auch viel weniger Einwürfen ausgesetzt, als die mit Gläsern, bei welchen eine Aenderung in der Intensität des Lichtes nicht vollständig zu vermeiden ist. — Dass eine vermehrte Convergenz der Sehlinien ohne Aenderung der Accommodation ebenfalls eine Verengerung der Pupille bedingt, ist durch Versuche mit prismatischen Gläsern leicht nachzuweisen.

Listing hat bemerkt, dass die accommodative Contraction der Pupille fast gleichzeitig mit dem Willensimpuls, ganz so wie es bei den Bewegungen der gewöhnlichen Muskeln der Fall ist, eintritt. Es lässt sich jedoch leicht nachweisen, dass, wenn auch Contraction und Ausdehnung fast gleichzeitig

---

[1]) Nederl. Arch. voor Genees- en Naturk. II. 106 — 109.
[2]) l. c. p. 12.
[3]) Het accommodatie vermogen der oogen. Haarlem, 1853. p. 115.

mit dem Willen eintreten, dieselben doch keineswegs mit der den willkührlichen Muskeln sonst eigenen Geschwindigkeit erfolgen. Ich bin nicht im Stande durch abwechselndes Accommodiren für nahe und ferne Gegenstände die Pupille freiwillig mehr als dreissigmal in der Minute zu starke Contraction und Dilatation zu bringen. Neue Untersuchungen haben mich weiter gelehrt, dass die Accommodationsveränderungen den Bewegungen der Pupille etwas vorausgehen [1]).

§ 44. Das Ciliarsystem und seine Function.

Wir haben schon gezeigt, dass die Accommodation von Muskelwirkung im Innern des Auges abhängt. Es gibt aber im Auge keine andern Muskeln, als die der Iris und den Ciliarmuskel, welche bereits auf S. 22 beschrieben wurden. Die Accommodation wird nun durch den Ciliarmuskel, und wahrscheinlich sogar ausschliesslich durch ihn, hervorgebracht (vergl. p. 23). Die Bewegungen der Iris sind jedoch mit der Accommodation associirt, sie werden von denselben Nerven beherrscht, wie die letztere; und es kann, solange der Mechanismus der Accommodation nicht über alle Zweifel aufgehellt ist, sogar eine directe Relation zwischen ihnen nicht als unmöglich angesehen werden. Fügen wir noch hinzu, dass die Störungen der Accommodation am deutlichsten durch die Abweichungen in den Bewegungen der Iris enthüllt werden, so wird es sicher erlaubt sein, die Nerven der Iris und des Ciliarmuskels gemeinschaftlich abzuhandeln.

Die erwähnten Theile des Auges erhalten ihre Nerven vom Ganglion ciliare seu ophthalmicum. Dieses Ganglion gibt 10 bis 16 zarte Zweigchen, die Ciliarnerven, ab, welche die Sclerotica nicht weit vom Sehnerven durchbohren, und, gerade nach vorwärts zwischen Sclerotica und Chorioidea ziehend, den Ciliarmuskel und die Iris erreichen und einige Fädchen an die Cornea abgeben. Ein oder zwei Ciliarnerven kommen direct vom Nervus naso-ciliaris, durchbohren, sowie die übrigen, die Sclerotica, und gehen endlich, nach Bernard's Untersuchungen [2]), in die Conjunctiva und in die Iris über, aber nicht in die Hornhaut; ihr Ursprung zeigt, dass sie hauptsächlich als sensitive Nerven fungiren. — In das Ganglion ciliare treten drei sogenannte Wurzeln ein: die kurze vom Nervus oculomotorius, die lange (häufig doppelte) [3]) vom Nervus naso-ciliaris und endlich ein Zweig, welcher vom Halstheil des Nervus sympathicus stammt. Im Ganglion ciliare kommen zahlreiche Ganglienzellen vor. Es ist noch nicht sichergestellt, wie die Verbindung zwischen den aufgezählten drei Arten von Nervenfasern und diesen Ganglienzellen beschaffen ist, und es ist auch noch nicht ermittelt, ob neue Nervenfasern daselbst ihren Ursprung nehmen und sich mit dem Ciliar-

[1]) Nederl. Arch. voor Genees- en Naturk. II. 109. 1865.

[2]) Bernard, Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux, Paris, 1858. T. II, p. 86.

[3]) Vergl. Hyrtl, Berichtigungen über das Ciliarsystem des menschlichen Auges, in Med. Jahrbücher Oesterr. B. XXVIII, p. 1.

nerven verbinden. Alle diese Ciliarnerven, von welchen wir den Beginn ihres Verlaufes schon beschrieben haben, theilen sich zuerst nahe am Ciliarmuskel und später auf seiner äussern Fläche in zwei und nachher in viel zahlreichere Zweige, welche einen dichten Plexus (den Orbiculus ciliaris von W. Krause) bilden, von denen viele Bündelchen in den Ciliarmuskel eintreten. Ich habe mit Dr. de Ruiter dieselben im Jahre 1853 an weissen Kaninchen untersucht und als Resultat der Untersuchung Nachfolgendes angemerkt: [1]) „Viele Zweige treten, nachdem sie einen Plexus am Ciliarmuskel gebildet haben, an die Peripherie der Iris und bilden, nahe an ihrem Rande, abermals einen Plexus aus ziemlich starken Zweigen, aus welchen schwächere Zweige ihren Ursprung nehmen und einen dritten Plexus in jenem Theile der Iris bilden, wo die Muskelfasern derselben einen kreisförmigen Verlauf nehmen. Die Nervenröhren gehören grösstentheils zu den feinern, werden durch Verästlung noch zarter, nehmen einen lange Zeit isolirten Verlauf durch die Iris, was besonders von den dickern Nervenröhren gilt, und bilden in ihrem Verlaufe viele Schlingen, aus deren Enden neue Fasern durch Theilung entstehen, welche abermals Schlingen bilden, die jedoch nicht als Endschlingen zu betrachten sind, da wir öfter noch weitere Ramificationen der Röhren beobachten können, welche, nachdem sie ihre Markscheiden verloren haben, an vielen Stellen auf unsichtbare Weise endigen." Dieses Ergebniss wurde durch spätere Untersucher bestätigt. Ich habe gegenwärtig in Betreff der Nervenfasern nichts Wesentliches mehr hinzuzufügen. Indessen wurden in der peripherischen Vertheilung verschiedener Nerven, und insbesondere in jenen der unwillkührlichen Muskeln, Ganglienzellen gefunden, und diess gilt auch von den Ciliarnerven. Dieselben wurden nicht nur von H. Mueller und Schweigger (vergl. p. 320) und später von Saemisch [2]) in der Chorioidea, wo auch die Muskelfasern nicht ganz fehlen, nachgewiesen, sondern auch insbesondere von H. Mueller [3]) im Orbiculus ciliaris, wo sie schon C. Krause [4]) erwähnt. Mueller sah in den Verzweigungen der Ciliarnerven erster und zweiter Ordnung im Ciliarmuskel einige schöne und deutliche Zellen, manchmal mit zwei oder drei Ausläufern versehen, deren Uebergang in Nervenfasern mit Markscheiden jedoch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Er glaubt aber trotzdem, dass sie als Ganglienzellen aufzufassen sind. Diese Entdeckung wurde von W. Krause [5]) in allen ihren Theilen bestätigt. Ueberdiess fand Mueller (l. c.) selbst in den feinsten Nervenbündeln des Ciliarmuskels, wo sich auch die Primitivfasern verzweigen, kleine Verdickungen der Fasern, in welchen ein kleiner runder oder ovaler Körper sichtbar ist, der das Aussehen einer bipolaren Ganglienzelle hat. Während Mueller über die Natur dieser Körperchen in Zweifel bleibt, glaubt W. Krause, welcher sie bei zwölf Individuen jedesmal fand, dass sie als echte Ganglienzellen zu betrachten seien, obwohl er auch zugibt, dass sie nicht mit den

---

[1]) Nederlandsch Lancet, D. III, p. 436.

[2]) Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges, Leipzig, 1862, Pl. II, Figg. 2 und 3.

[3]) Würzburger Abhandlungen, X. p. 108.

[4]) C. Krause, Handbuch d. Anatomie, 2. Auflage, B. I, p. 526.

[5]) Anatomische Untersuchungen, Hannover, 1861, p. 91.

Achsencylindern in Verbindung treten. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass noch mehrere dieser Gruppen von Ganglienzellen in Verbindung mit den Ciliarnerven im Auge gefunden werden.

Nach dieser kurzen, anatomischen Auseinandersetzung können wir zur Betrachtung der Function des Ciliarsystems übergehen. Mit Ausnahme der oben erwähnten ein oder zwei Ciliarnerven mit gesondertem Ursprunge kommen alle für die Iris und für den Ciliarmuskel bestimmten Zweige aus dem Ganglion ciliare. Die Function derselben ist folglich in diesem Ganglion enthalten. Es ist daher eigentlich die Frage, welchen Einfluss jeder der drei Nerven auf das Ganglion übt, und welche Zustände der innern Augenmuskeln den Zuständen des Ganglions entsprechen. Ueber diesen Gegenstand kann jedoch nichts Sicheres ausgesagt werden, und wir können für jetzt nur den Einfluss der Wurzeln des Ganglions untersuchen, wie er sich indirect an den Muskeln äussert.

Die Wirkung des Nervus oculomotorius auf den Schliessmuskel der Pupille ist über jeden Zweifel sichergestellt. Es wird nicht nur die Pupille bei Lähmung dieses Nerven erweitert und unbeweglich, sondern wir sehen auch, dass sie sich stark verengt, wenn wir den Nerven bei Thieren an der Basis des Gehirnes reizen. Volkmann und E. Weber sahen wohl, im Gegensatze zu früheren Untersuchungen, durch Reizung eine Erweiterung entstehen, aber Budge [1]) zeigte, dass diess einer gleichzeitigen Reizung des in der Nähe verlaufenden Sympathicuszweiges, der seine Reizbarkeit länger beibehalten, zuzuschreiben sei, und Nuhn [2]), welcher bei einem enthaupteten Verbrecher ebenfalls Erweiterung gesehen, erkannte nach Versuchen an verschiedenen Thieren dieselbe Quelle des Irrthums, welche Budge angegeben hat. Bei dem Enthaupteten war ebenfalls später Verengerung der Pupille auf Reizung des betreffenden Nerven erfolgt. [3]) Am entscheidendsten sind jedoch die Fälle von vollständiger Lähmung, denn sie zeigen, dass dieser Nerv die Conditio sine qua non, sowohl für reflectorische und accommodative Veränderungen der Pupille, als auch für die Accommodation selbst sind; es bleibt keine Spur derselben zurück, sobald die Lähmung eine vollständige ist. Falls andere Nerven ebenfalls Einfluss auf den Schliessmuskel der Pupille und den Ciliarmuskel haben, so haben sie ihn nur durch Vermittlung des Oculomotorius. Diese positiven Facta werden auch durch die negativen Resultate der Untersuchungen von Bernard, [4]) welcher keine Veränderungen im Durchmesser der Pupille, weder bei Trennung des Oculomotorius, noch bei Reizung seines peripherischen Theiles, bei Kaninchen eintreten sah, nicht erschüttert. — Es treten auf Reizung des Oculomotorius keine andern Störungen, als die oben erwähnten auf. Das einzige Factum, welches den Einfluss des dazwischen liegenden Ganglions zeigt, ist die verhältnissmässige Langsamkeit in der Zusammenziehung der Pupille. — Ob der Oculomotorius auch sensitive Fasern zum innern Auge sendet, lässt sich nicht entscheiden.

---

[1]) Archiv f. physiolog. Heilkunde 1853, B. XI. p. 780.

[2]) Zeitschrift f. rationelle Medicin. N. F. 1853 B. 111.

[3]) Budge und Waller (Arch. f. physiol. Heilk. B. XI. p. 775) und Duval, Rochart und Petit (Gazette medicale de Paris, 1852 p. 457).

[4]) Leçons sur la physiologie et pathologie du système nerveux. Paris, 1858, t. 11, pp. 207 und 209.

Der Einfluss des Sympathicus auf die Pupille wurde schon vor 1727 von Petit[1]) entdeckt; er fand nämlich nach Durchschneidung des Nervus vagus die Pupille enger. Dass Petit diese Erscheinung mit Recht der Durchtrennung des Sympathicus, welcher bei manchen Thieren am Halse mit dem Vagus vereinigt ist, zugeschrieben habe, wurde durch Dupuy[2]) erwiesen, welcher dieselbe Erscheinung nach Exstirpation des ersten Ganglions beobachtete. Die Richtigkeit des Factums wurde ferner noch durch die sorgfältigen Experimente von Reid[3]) bestätigt. Budge und Waller[4]) haben das Verdienst gezeigt zu haben, dass diejenigen Fäden des Sympathicus, welche auf die Pupille einwirken, ihren Ursprung am Grenzstrange des Halstheiles nehmen und in die vordern Wurzeln der zwei untern Cervical- und der sechs obern Dorsalnerven übergehen. Bei Fröschen und Kaninchen ist die auf Durchschneidung des Nerven folgende Contraction gering (und beim letztern sicherlich nicht grösser, wenn das erste Ganglion ebenfalls exstirpirt wird), bei Hunden ist sie sehr beträchtlich, aber die Erweiterung nach Reizung des Halstheiles des Sympathicus, welche, obwohl sie nicht unmittelbar eintritt, dennoch rasch ihr Maximum erreicht, ist doch die schlagendste Erscheinung. — Der Unterschied beider Pupillen nach Durchtrennung des Nerven ist am grössten, so lange die Augen nur schwachem Lichte ausgesetzt sind; wo der Schliessmuskel kräftig wirkt, ist der Widerstand selbst der nicht verminderten Action der Radiärfasern, wenigstens bei Kaninchen, fast ganz aufgehoben. Der Unterschied in der Weite der Pupille ist jedoch ein andauernder; wenigstens haben wir ihn länger als sechs Monate bei Hunden und Kaninchen fortbestehen sehen; Budge beobachtete es sogar durch ein Jahr. — Budge und Waller zeigten, dass nach Durchtrennung des Vagus und des Sympathicus am Halse, entsprechend dem Unterschiede im Ursprunge dieser Nerven, der erstere in seiner untern, der letztere in seiner obern Parthie degenerirten (Fettmetamorphose). Wir haben diess in vielen Fällen bestätigt gefunden, aber wir fanden im ersten Ganglion selbst und in den von ihm auslaufenden Bündeln, deren Zahl die der eintretenden bei weitem zu übertreffen scheint, keine Veränderung. Reizung des Ganglion bewirkt also selbst noch nach Verlauf von vielen Wochen Erweiterung der Pupille. Ist das erste Ganglion selbst exstirpirt, so gehen die austretenden Nervenbündel ebenfalls in einen Zustand der Degeneration über, es bleiben aber auch dann die Ciliarnerven selbst bis in die Iris unverändert, woselbst wir sie viele Wochen nach Exstirpation des Ganglions untersuchten; und diese Erscheinung ist höchst wahrscheinlich dem Einflusse des Ciliarganglions zuzuschreiben. So ist es auch verständlich, dass auf die Exstirpation des ersten Ganglions keine grössere Contraction folgt, als auf die Durchtrennung des Nerven unterhalb des Ganglions.

---

[1]) Mémoire, dans lequel il est démontré, que les nerfs intercostan fournissent des rameaux qui se portent des esprits dans les yeux, in Histoire de l'Académie royale des sciences. Année 1727.

[2]) Journal de médicine, de chirurgie etc. 1816 F. XXXVII, p. 340.

[3]) Edinburgh Medical and Surgical Journal, August 1839; und Physiological and Pathological Researches, Edinburgh, 1841, p. 291.

[4]) Comptes rendus. 1852 XXXIV et XXXV an verschiedenen Stellen.

Das Vorstehende zeigt, dass die Wirkung der Sympathicuswurzel in einer andauernden Erhöhung des Tonus der Radiärfasern besteht. Es ist dadurch der Dilatator pupillae mit constanter Kraft der Antagonist des Schliessmuskels. Die Wirkung des Sphincters wechselt, wie wir gesehen haben, mit dem Einfallen des Lichtes sowohl, als mit der Accommodation; aber sobald der Sphincter gelähmt ist, ist die Pupille unbeweglich. Wir können indessen annehmen, dass, ebenso wie für die vasomotorischen Nerven, die tonische Wirkung im Dilatator pupillae unter gewissen, bis jetzt unbekannten Verhältnissen (Reizung des fünften Paares?) etwas zunehmen oder sich vermindern könne. — Es wurde in der That die Hypothese aufgestellt, dass auch der Sympathicus auf die Accommodation wirke. Obwohl es ein wenig voreilig erscheinen dürfte, einen Einfluss, für welchen die Analogie bei der Iris angerufen werden kann, absolut zu läugnen, so finden wir doch durchaus kein Factum, welches diese Ansicht stützen könnte. Wir kennen keinen Muskel, welcher im Stande wäre als Antagonist des Ciliarmuskels zu wirken; auch haben wir durchaus keinen Grund das Vorhandensein einer activen Accommodation für die Ferne zuzugestehen (vergl. p. 18). Andererseits ist die Wirkung des Sympathicuszweiges auf den Tonus der Blutgefässe vollständig bewiesen. Es ist bekannt, dass die Durchtrennung des Sympathicus am Halse eine beträchtliche Erweiterung der Kopfgefässe, welche am Kaninchenohre ungemein deutlich wahrgenommen werden kann, im Gefolge hat, während die Reizung dieses Nerven eine Contraction derselben Gefässe hervorruft (Bernard). Ich zeigte in Gemeinschaft mit Dr. van der Beke Callenfels [1]), dass die Gefässe der Pia mater von demselben Nerven beherrscht werden; und ich überzeugte mich später mit Dr. Kuyper [2]) davon, dass sich auch die Gefässe der Iris auf Reizung des Sympathicus contrahiren, selbst wenn sie unter dem Einflusse einer Digitalineinträufluug oder in Folge der Entleerung des Humor aqueus ausgedehnt sind, oder, wie ich jüngst in Gemeinschaft mit Dr. Hamer fand, wenn nach Einwirkung der Calabarbohne dieselbe Reizung die Pupille kaum erweiterte. Diess Letztere befestigt meine Ansicht, dass diese Contraction der Gefässe nicht ein mechanisches Ergebniss der Erweiterung der Pupille sein könne, sondern dass sie unabhängig davon auftritt. Früher war ich in der That geneigt die auf Reizung des Sympathicus folgende Erweiterung der Pupille der Contraction der Gefässe zuzuschreiben, da ich annahm, dass die Verminderung des Blutes in der Iris zu gleicher Zeit auch die Contraction des Schliessmuskels vermindere. Das Phänomen ist jedoch ebenso augenfällig, wenn die Blutcirculation bereits aufgehört hat, und die Erweiterung der Pupille überdiess zu beträchtlich, um durch die Contraction der Gefässe erklärt werden zu können. Wir müssen daher unsere Zuflucht zur Contraction der Radiärfasern der Iris nehmen, welche bei manchen Thieren im hohen Grade entwickelt sind und mit Sicherheit nachgewiesen werden können.

Der Einfluss des Nervus trigeminus auf die Iris und auf die Accommodation ist noch zweifelhaft. Wir können per exclusionem an-

[1]) Nederlandsch Lancet, 1855, D. IV, p. 689.

[2]) Onderzoekingen over de kunstmatige verwijding van den oogappel, Dissert. inaug. 1859.

nehmen, dass dieser Nerv der Iris die Empfindung verleiht, denn weder der Oculomotorius, noch der Sympathicus besitzen sensitive Fasern, durch welche die grosse Empfindlichkeit der Iris erklärt werden könnte. Ueberdiess hört auch die Empfindlichkeit auf, sobald der Nervus trigeminus durchschnitten wird. Die Schwierigkeit liegt in der Bestimmung des Einflusses des Trigeminus auf die Bewegung der Iris. Es ist durch Versuche nachgewiesen worden, dass Reizung des Stammes, sowohl des fünften Gehirnvervenpaares als auch des Augentheiles desselben (des Nervus opthalmicus Willisii), die Pupille zur Verengerung bringt. Nun kennen wir aber keine andern Verengerungen der Pupille, als jene, welche durch die Reflexwirkung des Lichtes und durch die Accommodation hervorgerufen werden, und diese beiden Arten hören bei Lähmung des Oculomotorius vollständig auf. Das Bestehen eines directen Einflusses des fünften Paares auf den Sphincter pupillae (durch motorische Fasern) ist daher sehr unwahrscheinlich. Wir werden desshalb zur Annahme geführt, dass die Reizung des Trigeminus, sowohl in seinem Stamme, als auch in seinen Zweigen, in der Weise auf das Ganglion ciliare wirkt, dass dadurch entweder eine Verstärkung der Wirkung des Oculomotorius oder eine Verminderung der Wirkung des Sympathicus hervorgebracht wird. Dieser Einfluss tritt auch dann noch auf, wenn der Sympathicus und der Oculomotorius zuvor durchschnitten wurden. Diess ist jedoch durchaus nicht befremdend, da doch das Ciliarganglion und das Nervensystem im Auge selbst nach den erwähnten Durchschneidungen andauernd normal bleiben, wie das in Bezug auf das letztere durch die unveränderte Wirkung des Atropins und der Calabarbohne erwiesen ist.

Der Mechanismus jedoch, durch welchen der Trigeminus auf das Ciliarganglion wirkt, ist dunkel. Da dieser Einfluss, wie wir gesehen, nach Durchschneidung des Oculomotorius und des Sympathicus fortdauert, so muss er ohne Reflex auf die Centralorgane eintreten können. Aus dem Factum, dass bei Reizung eines Nerven die Aenderung des elektrischen Zustandes nach beiden Richtungen hin sich fortpflanzt, können wir sehr leicht den directen Einfluss eines Reizes verstehen, ohne dass wir im Trigeminus die Existenz von Fasern, deren gewöhnliche Function centrifugale Leitung gegen das Ciliarganglion sein sollte, annehmen müssten. Wenn aber solche bestehen (im Nervus lacrimalis sind centrifugal leitende Fasern zweifellos vorhanden), so kann die Verengerung der Pupille, welche bei gereiztem Zustande der peripherischen sensitiven Nervenfasern des Auges eintritt, durch Reflexwirkung auf diese centrifugal leitenden Fasern im Ganglion Gasseri erklärt werden. Auf jedem Fall kann bei gereiztem Zustande der Hornhaut, auf welcher die Ciliarnerven verbreitet sind, Reflexaction selbst im Ciliarganglion aus Analogie angenommen werden, so wie in Bezug auf die Speichelsecretion von Bernard Reflexaction durch das Ganglion submaxillare nachgewiesen wurde.

Die wichtigsten Experimente, auf welche sich die Ansicht über die Wirkung des Nervus trigeminus auf die Iris gründet, sind die folgenden:

a. Nach der Durchschneidung des Nervus trigeminus an der Basis des Schedeldaches contrahirt sich die Pupille bei Kaninchen (bei Hunden?); diese Contraction tritt jedoch oft erst nach Verlauf einiger Minuten ein und verschwindet nach einigen Tagen oder Stunden zum grössten Theile wieder (Longet, Budge). Dasselbe gilt von Fröschen (Budge) und zwar auch nach Durchschneidung der Hälfte der Medulla oblongata (Joh. Mueller).

b. Auf blosse Compression des Nervus ophthalmicus Willisii beobachteten Budge und Waller Verengerung der Pupille, Bernard beobachtete dasselbe nach Durchschneidung dieses Nerven. Die Beweglichkeit der Pupille beim Einfallen des Lichtes ist bei diesem Experimente nicht beeinträchtigt, und, falls nicht Entzündung des Auges erfolgt, zeigt sich der Durchmesser der beiden Pupillen sehr bald wieder nahezu gleich.

c. Es folgt Contraction der Pupille nach Durchschneidung des N. trigeminus, wenn auch zuvor der Oculomotorius durchtrennt (Budge) oder herausgerissen (Bernard) wurde.

d. Bernard (l. c. T. II, p. 90) zerriss den Oculomotorius auf der einen Seite, worauf die Pupille sich erweiterte, erhielt jedoch dieselbe Erweiterung auf beiden Seiten nach Einträufelung von Belladonna-Extract; und später sah er nach Durchschneidung des Nervus trigeminus auf jener Seite, auf welcher der Oculomotorius zerrissen wurde, die Pupille verengt.

e. Er durchschnitt bei einem jungen Kaninchen den Sehnerven und alle motorischen Nerven des Auges, und selbst dann brachte Reizung des fünften Hirnnervenpaares noch Contraction der Pupille hervor.

f. Bei einem andern Thiere wurde das erste Ganglion des Sympathicus entfernt, worauf die Pupille kleiner und ihr verticaler Durchmesser länger wurde; als nun hierauf der Nervus trigeminus durchschnitten wurde, ward die Pupille rund, während die Contraction zunahm.

Nach alledem, was ich in Betreff des Einflusses der Durchtrennung des Nervus trigeminus gesehen und gelesen hatte, überkam mich der Zweifel, ob diese Durchschneidung auf die Pupille nicht durch die Sympathicusfasern wirke, welche gleichzeitig durchtrennt werden, und welche, nach Budge, den Ciliarnerven durch das Ganglion Gasseri beitreten. Ich entschloss mich in Folge dessen in Gemeinschaft mit meinem Assistenten am physiologischen Laboratorium Dr. P. O. Brondgeest über diesen Gegenstand einige Experimente zu machen. Es wurde bei Kaninchen der Sympathicus der einen Seite blosgelegt und (mit Hülfe des Schlittenapparates) einen Augenblick lang nur sehr schwach gereizt, um sicher zu stellen, dass der blosgelegte Nerv auf die Pupille wirke; hierauf wurde die Haut mittelst serres fines wieder geschlossen und der Trigeminus derselben Seite auf die von Bernard angegebene Weise durchtrennt. Erhielt man auf diese Art Anaesthesie des Auges ohne sonstige allgemeine Störungen, so wurde nach kürzerer oder längerer Zwischenzeit der Sympathicus abermals gereizt, um zu sehen, ob er seinen Einfluss auf die Pupille noch behalten habe. Das Experiment gelang bei eilf Kaninchen. Es wurden die nachfolgenden Resultate erzielt, bei deren Tragweite ich nicht weiter zu verweilen brauche:

1. Die Durchschneidung sowohl des Ganglion Gasseri, als auch des Nervus ophthalmicus Willisii bringt andauernde Zusammenziehung der Pupille mit Verlängerung des verticalen Durchmessers hervor. Diese Verengerung tritt selbst dann auf, wenn die umgebenden Theile des Auges unvollständige Anaesthesie zeigen, vorausgesetzt, dass die Hornhaut unempfindlich ist.

2. Die Contraction vermindert sich im Verlaufe einiger Stunden, verschwindet jedoch nicht ganz, wenn Reizung des Auges eintritt, und wenn die Blutgefässe der Iris stark ausgedehnt sind. Die Pupille wird dann manchmal winklig.

3. Die Contraction macht einer geringen Erweiterung Platz, wenn, selbst bei vollständiger Anaesthesie, das Auge gehörig geschützt ist, und dadurch der Reizungszustand hintangehalten wird. Dr. Snellen (De invloed der zenuwen op de ontsteking, Utrecht, 1857) hat gezeigt, dass die Entzündung, welche bekanntlich nach Durchschneidung des Nervus trigeminus auftritt, das Ergebniss äusserer Schädlichkeiten sei, welche wegen der bestehenden Anaesthesie nicht vermieden werden, und dass das Auge durch systematische Beaufsichtigung vor jeder äussern Schädlichkeit bewahrt werden könne.

4. Aus vergleichenden Experimenten auf beiden Seiten erhellt, dass die Contraction viel grösser ist nach Durchschneidung des N. trigeminus, als nach der des Sympathicus am Halse, oder nach Exstirpation des ersten Ganglions.

5. Die Spannung des Augapfels bleibt Anfangs dieselbe, wird sogar manchmal etwas erhöht, solange die Pupille enger ist und die Iris näher an der Hornhaut liegt. Die Spannung nimmt jedoch nach kurzer Zeit in der Regel ab, und zwar in

sehr hohem Grade, wenn das Auge durch entsprechenden Schutz vor Reiz bewahrt bleibt. Diese verminderte Spannung steht im Einklange mit meiner Theorie des Glaukoms, welches ich in Bezug auf seine Aetiologie als Neurose der Secretionsnerven ansehe.

6. Nach Durchschneidung und hiedurch erzeugter Anaesthesie brachte die Reizung des Sympathicus in sieben unter elf Fällen Erweiterung der Pupille hervor, wenn auch in viel geringerem Grade, als wenn der Trigeminus nicht durchschnitten wird. In vier Fällen fehlte die Erweiterung der Pupille nach Reizung des Sympathicus vollständig. Die Hornhaut war in allen diesen Fällen unempfindlich. Bei dreien unter den sieben Fällen, wo Erweiterung der Reizung des Sympathicus folgte, war Sensibilität des untern, und in einem Falle auch des obern Augenlides vorhanden; in den übrigen drei Fällen zeigte sich keine Sensibilität.

7. In allen Fällen, auch wo die Pupille unbeweglich blieb, contrahirten sich die Gefässe des Ohres auf Reizung des Sympathicus und bewiesen hiedurch, dass der Nerv sensitiv war. Vor Durchschneidung des Trigeminus sah man, dass nach Reizung gleichzeitig Erweiterung der Pupille und Contraction der Gefässe des Ohres auftrat.

8. Nach Durchschneidung bringt Calabar Contraction, Atropin Erweiterung der Pupille hervor, — die letztere nicht in hohem Grade.

9. Die Sectionen ergaben, dass im Allgemeinen der N. ophthalmicus Willisii vor dem Ganglion durchschnitten wurde; manchmal auch der zweite und theilweise der dritte Ast. In andern Fällen war das Ganglion Gasseri selbst getroffen. Dieser Unterschied gab keinen genügenden Aufschluss über jene Fälle, wo geringe oder keine Erweiterung der Pupille auf Reizung des Sympathicus erfolgt war.

ELFTES KAPITEL.

Paralyse und Parese der Accommodation.

§ 45. Die Mydriatica und ihre Wirkung.

Eine vergleichende Prüfung einer Anzahl Substanzen und Praeparate hat gezeigt, dass die wirksamsten Mydriatica in der Klasse der Solanaceen gefunden werden, und dass unter diesen die Atropa Belladonna aus verschiedenen Gründen allen andern, selbst der Datura Stramonium und dem Hyoscyamus niger vorzuziehen ist.[1]) Vor Allen empfehlenswerth ist dort, wo keine starke Wirkung verlangt wird, das Atropin (löslich in 450 Theilen Wasser), und dort wo starke Wirkung erforderlich ist, das sehr lösliche schwefelsaure Atropin, welche beiden Praeparate zuerst in England in die Praxis eingeführt wurden. Für den vollständigen Erfolg ist ein Tropfen der Lösung von einem Theile Sulfas Atropini auf 120 Theile Wasser (wir drücken diese Stärke durch 1 : 120 aus) vollkommen hinreichend.[2]) Auch die innerliche Anwendung dieses Mittels, womit sehr vorsichtig zu verfahren ist, bringt Mydriasis hervor.

Die Haupterscheinungen, welche auf Einträuflung von Sulfas Atropini auftreten, sind: 1. zunehmende Erweiterung der Pupille, mit nachfolgender Unbeweglichkeit derselben; 2. Abnahme und bald darauf vollkommener Verlust der Accommodation.

Die Erweiterung der Pupille, sehr beträchtlich beim Menschen (insbesondere in der Jugend), beim Hunde und bei der Katze, ist geringer beim Kaninchen, schwach bei Vögeln, wo sie früher ganz übersehen wurde, sehr wahrnehmbar beim Frosche, und gar nicht oder kaum bemerkbar bei den

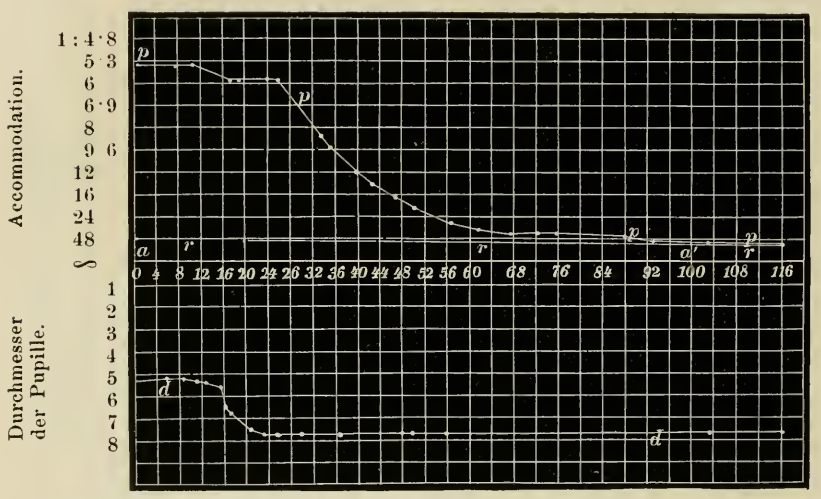
---

[1]) Vergl. Kuyper, Onderzoekingen over de kunstmatige verwijding van den oogappel. Diss. inaugur. Utrecht, 1849.

[2]) Folgt auf die Einträuflung im Verlaufe von ein und einer halben Stunde Schmerz und Gefässinjection, so ist das Praeparat schlecht, und es entsteht nach wiederholter Anwendung eine eigenthümliche, von mir als Atropinismus beschriebene Entzündung. Selbst ein gutes Praeparat erzeugt bei manchen Kranken nach Monate lang fortgesetztem Gebrauche eine ähnliche Entzündung, und es muss dann sogleich ausgesetzt werden. In solchen Fällen werden andere Mydriatica selten vertragen. Chemische Reagentien waren nicht entscheidend zur Erkennung des nicht tauglichen Praeparates von Sulfas Atropini. Vergl. Kuyper, l. c.

Fischen. Nach Einträufluug von 1 : 120 beginnt die Erweiterung beim Menschen innerhalb fünfzehn Minuten, erreicht in zwanzig bis fünfunddreissig Minuten ihr Maximum, und schliesslich tritt vollkommene Unbeweglichkeit ein. Je jünger das Individuum und je dünner die Hornhaut, desto rascher erfolgt die Wirkung. Bei Fröschen und Vögeln verschwindet die Erweiterung innerhalb ein oder zwei Stunden, und an ihre Stelle tritt eine kurz andauernde Contraction. Der Verlauf der Erweiterung beim Menschen nach Einträufluug von 1 : 120 ist durch die Linien $d\,d$ der Fig. 167, die Rückkehr zum normalen Durchmesser in Fig. 168 dargestellt. Auf der Abscisse $a\,a'$ (Fig. 167) sind die nach der Einträufluug abgelaufenen Minuten verzeichnet;

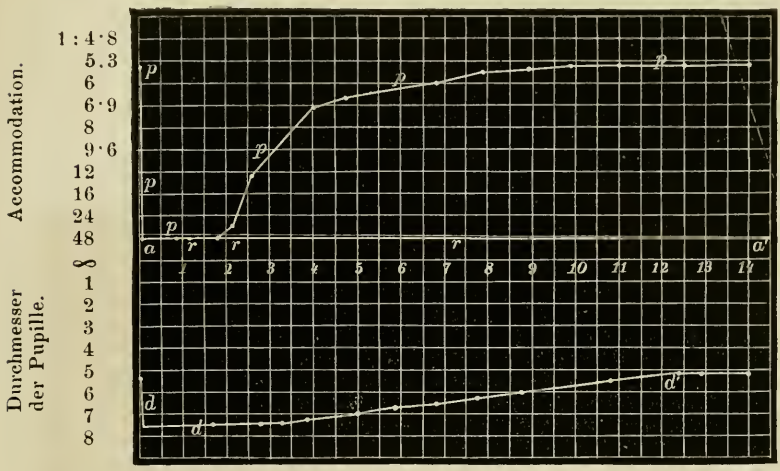
Fig. 167.



die Einträufluug geschieht bei 0; die Längen der Ordinaten nach abwärts, senkrecht auf $a\,a'$, sind die queren Durchmesser der Pupille, welche an der Seite in mm. abgelesen werden können. Die Pupille wurde jedesmal nach kurzen Zwischenzeiten mit dem Ophthalmometer genau gemessen, wobei das gemessene Auge vollkommen gleichmässig beleuchtet wurde, während das andere geschlossen blieb. Fig. 168, deren Abscissen die Gesammtdauer der Pupillenänderung, in Tagen ausgedrückt, anzeigen, gibt auf gleiche Weise die Durchmesser in der unterhalb $a\,a'$ gezeichneten Curve. Die Abnahme der Accommodation beginnt etwas später, als die Erweiterung der Pupille. Die Accommodation kehrt zugleich mit der Beweglichkeit der Pupille nach einigen Tagen nach und nach zurück. Fig. 167 zeigt durch die Curve $p\,p$ den Gang des absoluten Nahpunktes, durch die Curve $r\,r$ den des Fernpunktes an. Man sieht, dass letztere kaum eine Veränderung erleidet, der Nahpunkt hingegen sich vom Auge entfernt. Dieses Zurückgehen des Nahpunktes beginnt zwölf bis achtzehn Minuten nach der Einträufluug, ist in sechsundzwanzig Minuten, wenn die Erweiterung nahezu schon vollständig ist, noch sehr wenig merklich, schreitet dann rasch, später wieder langsam vorwärts und erreicht

sein Maximum in einhundert und drei Minuten nach der Einträufluug, wo dann p und r zusammenfallen (Fig. 168), und die Accommodation folglich ganz aufgehoben ist. Nachdem nach zweiundvierzig Stunden die Pupille etwas

Fig. 168.



enger geworden, kehrt auch ein geringer Grad von Beweglichkeit zurück, und man beobachtet zu gleicher Zeit einige Accommodation, welche nun bis zum vierten Tage ziemlich rasch zunimmt, jedoch nicht vor Ablauf von eilf Tagen vollständig ist. Die Beobachtung wurde am Auge meines Assistenten, Herrn Hamer, gemacht, welcher sich darauf eingeübt hat seinen absoluten Nahpunkt beim Maximum der Convergenz sehr genau zu bestimmen, während ein Auge geschlossen ist (vergl. p. 99).

Nebst den aus den Figuren ableitbaren Ergebnissen haben wir noch zu bemerken:

1. Nach der am dritten und den folgenden Tagen eintretenden Rückkehr der Accommodation hat die relative Accommodationsbreite eine Lage, welche der bei Myopen ähnlich ist; bei mässiger Convergenz kann blos ein sehr kleiner Theil der bestehenden Accommodation in Thätigkeit gesetzt werden. So fand Hamer am sechsten Tage, dass während bei einer Convergenz von 9″ jenes Auge, welches nicht der Einträufluug unterworfen wurde, ungefähr die Hälfte der gesammten Accommodation verwenden konnte, das atropinisirte Auge blos ein Fünftel dessen erreichte, wessen es beim Maximum der Convergenz schon wieder fähig war.

2. Der Fernpunkt ist bei einem leichten Grade von Myopie nahezu unverändert geblieben. Gewöhnlich entfernt er sich um ein Geringes vom Auge. Besteht permanente Accommodationsanstrengung, wie diess der Hypermetropie zukommt und nicht selten auch bei manchen Amblyopen, Astigmatikern und jugendlichen Myopen auftritt, so weicht dieselbe unter dem Einflusse des Atropins, und r rückt viel bedeutender hinaus.

3. Bei Accommodationsanstrengung scheinen die Gegenstände kleiner zu werden (Mikropia); in diesem Falle denken wir uns die Gegenstände näher, und da der Sehwinkel nicht grösser geworden ist, so halten wir die Gegenstände für kleiner.*)

4. Dem atropinisirten Auge erscheinen die Gegenstände viel stärker beleuchtet, insbesondere wenn beide Augen zu gleicher Zeit offen sind, unter welchen Verhältnissen in Folge consensuellen Reflexes die Pupille des nicht atropinisirten Auges enger, als gewöhnlich ist. Die Vergleichung wird ausgeführt, indem man auf ein helles Object auf dunklerem Grunde blickt und ein prismatisches Glas, mit dem brechenden Winkel nach aussen, vor eines der Augen hält.

Der Verlust der Accommodation nach Einwirkung des Atropins ist um so lästiger, da die Pupille so ausserordentlich weit ist, wodurch selbst bei geringer Ungenauigkeit der Accommodation grosse Zerstreuungskreise entstehen; es sind daher für jede Distanz verschiedene Gläser zum Scharfsehen erforderlich, da jedes kaum einen Spielraum gewährt. Ueberdiess ist die Störung auch verschieden nach der Refraction des Auges. Emmetropen sehen gut in die Ferne, können jedoch in der Nähe nichts ohne Convexgläser unterscheiden. Myopen klagen weniger, da sie, obwohl ihr Fernsehen um Vieles diffuser ist, dennoch, weil ihr Fernpunkt unverändert geblieben, oft noch lesen können. Bei Hypermetropen bringt die geringste Einwirkung des Mydriaticums schon solche Störung hervor, dass sie ohne Convexgläser wenig unterscheiden können. — Wurde das Mydriaticum blos in ein Auge geträufelt, so ist die Störung um so grösser, da das scharfe Bild des nicht atropinisirten Auges im Vergleiche mit dem diffusen Bilde des andern nur sehr schwach beleuchtet ist; das mydriatische Auge wird dann gerne geschlossen. Bei Atropin-Mydriasis beider Augen hat der Gebrauch von Convexgläsern keine Schwierigkeit.

In Bezug auf die Wirkung von schwächern Lösungen von Sulfas Atropini hat Dr. Kuyper einige Untersuchungen angestellt. Dieselben gaben folgende Resultate:

a. Die Lösung von 1 : 1800 verursacht eine gute Erweiterung binnen 30 Minuten. Dieselbe erreicht ihr Maximum mit vollständiger Unbeweglichkeit der Pupille, und im Allgemeinen mit fast totalem Verluste des Accommodationsvermögens, nach 45 bis 60 Minuten. Schon am folgenden Tage kehrt einige Beweglichkeit zurück. Am dritten Tage ist jede lästige Störung verschwunden, obwohl noch zwei, drei und mehr Tage später der Unterschied im Durchmesser der Pupillen merklich ist.

b. Die Lösung von 1 : 2400 erzeugt Erweiterung nach 25 bis 33 Minuten, die ihr Maximum (Durchmesser = $8^1/_4{}^{mm}$) nach Verlauf von 45 bis 50 Minuten erreicht, ohne vollständigen Verlust der Beweglichkeit und der Accommodation; nach 55 Minuten ist manchmal keine Beweglichkeit mehr wahrnehmbar; nach 70 Minuten ist die Accommodation sehr vermindert, aber durchaus nicht aufgehoben. Schon nach wenigen Stunden nimmt

---

*) Ich beobachtete dieses Phaenomen zuerst an mir selbst, und gab die obige Erklärung desselben in Nederl. Lancet, 1851, D. VI. p. 607.

die Erweiterung wieder ab. Am folgenden Tage ist sie noch deutlich wahrzunehmen, am dritten ist sie gering, verschwindet jedoch nicht vollständig vor dem vierten Tage.

c. Die Lösung von 1 : 9600 ruft nach 60 Minuten eine Erweiterung der Pupille hervor, welche langsam zunimmt; nach Verlauf von 90 Minuten ist die Pupille vollständig erweitert, aber nicht unbeweglich; das Accommodationsvermögen ist nur wenig vermindert. Am folgenden Tage ist die Pupille sehr beweglich und viel enger. Am dritten Tage findet sich keine Spur mehr von Mydriasis.

d. In Folge einer Lösung von 1 : 14400 beginnt die Erweiterung nach 35 bis 40 Minuten; nach zwei bis vier Stunden ist der Durchmesser der Pupille um 2^{mm} grösser; nach Verlauf von sieben Stunden ist wieder Contraction eingetreten, und am folgenden Tage keine Spur von Mydriasis mehr wahrzunehmen.

Die Art der Wirkung der Mydriatica habe ich in Gemeinschaft mit Dr. de Ruiter untersucht. Von Graefe ist, wie er mir brieflich mitgetheilt hat, unabhängig von meinen Untersuchungen, zu denselben Resultaten gelangt. Unsere Experimente haben den Uebergang des Atropins in den Humor aqueus ausser jeden Zweifel gestellt.

a. Die Wirkung äussert sich um so rascher, je dünner die Hornhaut und je jünger das Thier ist. Entfernung der äussersten Schichten der Hornhaut beschleunigt die Wirkung (v. Graefe). Erfolgt auf Einreibungen oberhalb des Auges eine geringe Erweiterung der Pupille, so wird eine Spur des eingeriebenen Mittels immer das Organ selbst erreicht haben. Bei starker Einwirkung auf die verwundete Haut (bei Hunden) tritt rasch auch auf der andern Seite Erweiterung (als Ergebniss der Allgemeinwirkung) ein. *b.* Die auf die Hornhaut beschränkte Anwendung bringt in den Augen von Fröschen, nach Ausschneidung des Herzens, nach Decapitation, nach Entfernung des Gehirnes und des Rückenmarkes, ja selbst nach vollständiger Isolirung der Augen, innerhalb weniger Minuten deutliche Erweiterung hervor. Dasselbe geschah auch an einem abgeschnittenen Kalbskopfe und bei einem frisch getödteten Kaninchen. *c.* Eine Spur einer äusserst verdünnten Lösung, mittelst eines Capillarrohres in die Vorderkammer des Auges gebracht, bedingte bei Kaninchen Erweiterung. *d.* Bei einem Kaninchen wurde nach wiederholter Einträufluug das ganze Auge mit einem breiten Strahl Wasser wohl ausgewaschen; hierauf wurde der Humor aqueus entleert, in das Auge eines Hundes gebracht und lange mit demselben in Contact gelassen (v. Graefe injicirte ihn auch in die Augenkammer), und es erfolgte beträchtliche Erweiterung der Pupille. Diess war unzweifelhaft das Experimentum crucis. Die Menge, welche eindrang, kann jedoch nur äusserst gering gewesen sein, denn eine Lösung von 1 : 120000, eben solange mit der Hornhaut in Contact gehalten, wirkte noch viel stärker. Nach innerlicher Anwendung und darauffolgender Mydriasis zeigte sich der entleerte Humor aqueus unwirksam.

Endlich entsteht die Frage, vermittelst welcher Nerven das resorbirte Atropin wirkt. Vor Allem können wir nicht der Ansicht beistimmen, dass das Mittel direct auf die muskulären Faserzellen wirkt; die gleiche Beschaffenheit dieser contractilen Elemente im Sphincter und im Dilatator (den Gefässmuskeln?) lassen uns einen ähnlichen Einfluss auf beide erwarten,

und es könnte keine starke Erweiterung eintreten. Wir müssen daher annehmen, dass das Atropin entweder auf die Nervenfasern oder auf die Ganglien zellen wirkt. *a.* Der Sphincter wird paralytisch: reflectorische und accommodative Bewegungen sind aufgehoben, und es erfolgt überdiess Paralyse der Accommodation (des M. ciliaris), welche jedoch viel länger unvollständig bleibt, als die des Sphincter pupillae. Hieraus folgt, dass die Elemente des N. oculomotorius gelähmt sind, wobei die am tiefsten gelegenen (des Ciliarmuskels) die zuletzt ergriffenen sind (ein weiteres Argument für die directe Einwirkung des Atropins auf die Nervenelemente). *b.* Der Dilatator pupillae soll stark contrahirt werden. Den Beweis dafür findet man in der von Ruete [1]) zuerst gezeigten Thatsache, dass bei vollständiger Paralyse des Oculomotorius der Umfang der Pupille durch Atropin noch beträchtlich vergrössert wird; es erfolgt auch eine additionelle Erweiterung unter Einwirkung des Atropins, nachdem der erwähnte Nerv bei Thieren entfernt worden ist. Um diess zu erklären, nimmt man eine stimulirende Wirkung auf den N. sympathicus an, von welcher wir uns vorstellen müssten, dass sie durch Intervention der Ganglienzellen Platz greife. Von diesen letzteren wissen wir, dass sie eine specifische Wirkung haben, und besitzen ein Beispiel von andauernder Reizung durch eine bestimmte Substanz in der Wirkung des mit der grauen Substanz des Rückenmarkes in directe Berührung gebrachten Strychnins [2]). Ich sah bei Kaninchen nach kräftiger Einwirkung von Atropin auf Reizung des Sympathicus am Halse noch eine weitere Dilatation der Pupille eintreten, ein Beweis, dass dieser Nerv zum mindesten nicht gelähmt war. Wurde zuvor der Sympathicus einer Seite durchschnitten, so erweiterte sich die Pupille dieser Seite auf Atropin nicht so vollständig, wie die der andern Seite. Biffi [3]) und Cramer [4]) sahen auch in dieser Erscheinung einen Beweis für die reizende Wirkung auf den N. sympathicus. Wir können diess nicht zugeben; der Unterschied zwischen normaler und aufgehobener Wirkung des Sympathicus, der Lähmung des N. oculomotorius entgegen gehalten, kann schon genügen, um die beobachtete Differenz zu erklären. Auch die übrigen Thatsachen lassen sich erklären ohne eine reizende Wirkung auf den N. sympathicus zu Hülfe zu rufen. Nehmen wir an, dass bei Paralyse oder nach Durchschneidung des N. oculomotorius die Ciliarnerven vom Ganglion ciliare aus noch eine tonische Wirkung des M. sphincter unterhalten, so müsste auch die absolute Paralyse des M. sphincter, unter der directen Einwirkung des Atropins, noch eine weitere Dilatation der Pupille hervorbringen, indem die Wirkung des M. dilatator (resp. der Gefässmuskeln?) unverändert bliebe.

Der Einfluss das Atropins auf den N. trigeminus ist wahrscheinlich ein narcotisirender. Es war jedoch sowohl in Fällen von Paralyse dieses

---

[1]) Klinische Beiträge z. Pathologie und Physiologie der Augen und Ohren. Braunschweig, 1843, p. 250.

[2]) Dass Harley nicht diesen Erfolg erhielt, ist wahrscheinlich der Anwendung einer zu starken Lösung zuzuschreiben (vergl. Kölliker, Verhandl. d. Gesellsch. Würzburg, B. IX, p. XVII).

[3]) Intorno all'influenza che hanno sull'occhio i due nervi grandi simpatico e vago. Pavia, 1846, p. 12.

[4]) Het accommodatie-vermogen, 1853, p. 127.

Nerven beim Menschen, als nach Durchschneidung desselben bei Kaninchen die Wirkung des Atropins die gewöhnliche. War die Pupille, wie im Falle von Dr. Snellen, ursprünglich weiter, als im andern Auge, so blieb sie es auch nach Einträufluug in beiden Augen; war sie, wie bei den Versuchen an Kaninchen, enger, so blieb sie auch nach der Einträufluug enger. Hieraus scheint hervorzugehen, dass dieser Nerv nicht durch Vermittlung des N. oculomotorius wirkt, welcher ja in allen Fällen durch Atropin vollständig paralysirt wird.

Rücksichtlich des Einflusses auf die vasomotorischen Nerven kann nichts mit Sicherheit festgestellt werden. Die eben entwickelte Erklärung setzt aber voraus, dass die Gefässmuskeln durch Atropin nicht gelähmt werden.

Die Alten (vergl. Plinius, Hist. Naturalis liber XXV, cap. 13) waren schon mit der mydriatischen Wirkung einiger Pflanzen bekannt und benützten dieselbe bei der Depression des grauen Staares. Solch eine Wirkung wurde insbesondere der Anagallis zugeschrieben, doch hat sich das nicht bestätigt. Von dem Einflusse der Belladonna auf die Pupille finden wir die erste Erwähnung bei van Swieten (Comment. in Boerhavii Aphorismos, t. III); dann bei Reimarus (vergl. Dariès, Dissert. de Atropa Belladonna, Lipsiae, 1776), Mellin, Ray und anderen; Loder (vergl. Schifferli, Ueber den grauen Staar, p. 85) wendete den Aufguss bei der Extraction der Cataracta an. Karl Himly (Göttinger Gelehrte Anzeigen, 1800), welcher die mydriatische Wirkung des Hyoscyamus entdeckte, hat überdiess das Verdienst der Erste gewesen zu sein, welcher die Mydriatica in ausgedehnter Weise für die ophthalmologische Chirurgie nutzbar machte. Fast zu gleicher Zeit machte Darwin (Zoonomia, III, 132. London, 1801) auf den Vortheil aufmerksam, den sie bei manchen Formen von Ophthalmie gewähren. — Der Einfluss der Mydriatica auf die Accommodation wurde erst in einer spätern Zeit, dann aber allerdings mit grosser Genauigkeit von Dr. Wells (Philosophical Transactions, 1811, p. 378) untersucht. Aus seinen Experimenten an Dr. Cutting erhellte, dass die Accommodation vollständig verloren gehe, und dass selbst der Fernpunkt etwas zurückweiche. Bei einigen Myopen wurde auch Abnahme der Accommodation bei unverändertem Fernpunkte constatirt. In Verbindung mit der Beobachtung, welche wir hier verzeichnet finden, dass beim Aufhören der Wirkung die Verkleinerung der Pupille und die Zunahme der Accommodationsbreite nicht Schritt halten (der Eintritt der Erweiterung vor dem Verluste der Accommodation war noch nicht beobachtet), kam Brewster zu dem Schlusse, dass, nach Anwendung der Belladonna, noch ein anderes Organ, als die Iris, gelähmt sein müsse. — Zahlreiche andere Untersuchungen wurden von verschiedenen Seiten mitgetheilt, lieferten jedoch nichts Wesentliches, was nicht im vorhergehenden Abschnitte mitgetheilt wäre. Es verdient nur noch bemerkt zu werden, dass, nach v. Graefe, verminderter Druck der Augenflüssigkeiten ebenfalls zu den durch die Anwendung des Atropins bedingten Resultaten zu rechnen wäre, und dass Dr. Schneller (Arch. f. O. B. II, Abth. 2. p. 95) einen Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht in der von ihm beobachteten Erweiterung der Retinalgefässe zu finden glaubt. Ich äusserte Zweifel darüber, ob, die Richtigkeit der Beobachtung angenommen, dieselbe für verminderten Druck spreche (vergl. Kuyper, l. c.). — Die Accommodationslähmung ist sicherlich nicht im Stande diess zu erklären, denn wenn selbst bei der Accommodation eine zeitweilig gesteigerte Spannung entstünde, so würde die zwischen Resorption und Secretion bestehende Verbindung, ebenso wie wir es beim Drucke mit dem Finger aufs Auge beobachten, dieselbe unmittelbar durch Resorption einer geringen Menge von Flüssigkeit wieder aufheben. Die Spannung des Auges hängt von der Wirkung der secretorischen Nerven ab, und diese liegen in der Bahn des N. trigeminus, dessen Durchschneidung, wie mich zahlreiche Versuche lehrten, die Spannung des Auges beträchtlich herabsetzt. Wir können es daher a priori für möglich halten, dass Atropin durch Lähmung dieser Nerven den Druck vermindere, aber es ist mir nicht gelungen, mich mit Sicherheit davon zu überzeugen.

§ 46. Krankhafte Accommodationslähmung.

Accommodationslähmung als Krankheit kommt durchaus nicht selten vor. Emmetropische und ametropische Augen sind diesem Uebel gleichmässig ausgesetzt. Es findet sich in jedem Alter, doch ist es bei ältern Personen, die ihre Accommodation durch senile Veränderungen bereits zum Theil oder ganz eingebüsst haben, von geringerer Bedeutung. Da wir wissen, dass die Accommodation ausschliesslich durch die innern Augenmuskeln bewerkstelligt wird, so können wir ihre Lähmung auch nur in den Fasern der kurzen Wurzel des Ganglion ciliare suchen. Es kommt nun in der That häufig vor, dass blos diese Fasern gelähmt sind, und wir haben es in diesem Falle mit Paralyse der Accommodation allein zu thun; nur kommt mit seltenen Ausnahmen Paralyse des Sphincter pupillae, welcher seine motorischen Fasern ebenfalls von derselben Wurzel erhält, mit ihr verbunden vor. Aber ungefähr eben so oft besteht zu gleicher Zeit Lähmung anderer Fasern des Oculomotorius und nicht selten erstreckt sich die Paralyse sogar auf alle Zweige dieses Nerven. Es ist bemerkenswerth, dass, während die Accommodationslähmung sehr oft für sich allein vorkommt, die Paralyse im Gebiete des Oculomotorius verhältnissmässig selten ohne Accommodationslähmung auftritt. Ich kann noch hinzufügen, dass, soweit meine Erfahrung reicht, die nicht complicirte Accommodationslähmung um Vieles häufiger bei Frauen, oft auch bei Kindern vorkommt, die Paralyse des Oculomotorius hingegen mit gleichzeitiger Accommodationslähmung viel häufiger bei Männern, und zwar gewöhnlich nicht vor dem fünfundzwanzigsten Lebensjahre, gefunden wird. In jedem Falle ist die Lähmung selten eine vollständige; oder richtiger, es kommt blos Parese vor, insofern ein gewisser, obgleich meist nur geringfügiger, Grad von Accommodationsvermögen erhalten bleibt.

Die nicht complicirte Accommodationslähmung hat nur ein objectives Symptom: Erweiterung und Unbeweglichkeit der Pupille. Die Erweiterung ist nicht beträchtlich, denn selbst bei vollständiger Paralyse ist keine weitere Pupille, als die normale im Dunkeln, zu erwarten. Trotzdem ist bei vollständiger Lähmung keine Spur weder von accommodativer, noch von reflectorischer Bewegung wahrzunehmen. Ich muss jedoch hinzufügen, dass diese Fälle äusserst selten sind. Ferner kann man den Zusammenhang zwischen Lähmung der Pupille und der Accommodation keinen absoluten nennen; einmal fand ich noch genügende Accommodation gleichzeitig mit absoluter Unbeweglichkeit der Pupille bestehen. In einem Falle verschwand auch die Accommodationslähmung, ohne dass die Beweglichkeit der Pupille zurückgekehrt wäre, — und andererseits kommt es wiederum vor, dass die Beweglichkeit der Pupille bei vollständigem oder nahezu vollständigem Verluste der Accommodation nur wenig behindert ist.

Aus allem diesem erhellt, dass die subjectiven Symptome die wichtigsten sind, und auf diese hat der Refractionszustand des Auges einen beträchtlichen Einfluss.

Myopen, deren Fernpunkt nicht weiter als 14″ vom Auge liegt, werden im Lesen nicht behindert, denn dieser Punkt bleibt unverändert, und obwohl ihr Nahpunkt mit dem Fernpunkt zusammenfällt, sehen sie dennoch, mit

unveränderlicher Refraction, vollkommen scharf in 14″ oder weniger Entfernung. Die Störung beschränkt sich darauf, dass einerseits die Gegenstände in grösserer Entfernung, wegen der grossen Zerstreuungskreise der weiteren Pupille, diffusser als gewöhnlich erscheinen, — und andererseits, dass sie innerhalb des Abstandes ihres jetzt zusammenfallenden Nah- und Fernpunktes aufhören scharf zu sehen. Diese beiden Störungen fehlen grösstentheils, wenn die Accommodationslähmung keine vollständige ist, und wir hören in einem solchen Falle von Myopen nur geringe Klagen. Nur wenn sie neutralisirende Brillen tragen und dieselben bei der Arbeit benützen, stehen sie auf gleicher Stufe mit den —

Emmetropen. — Diese nehmen beim Eintritte einer Accommodationslähmung alsbald ihre Zuflucht zum Augenarzte. Sie können nicht mehr lesen und schreiben, und werden sich dessen bewusst, dass eine wichtige Störung vorhanden sei; selbst wenn, wie gewöhnlich, blos ein Auge ergriffen ist, wird in Folge des acuten Auftretens der Lähmung eine gewisse Verdunkelung bemerkt, welche Veranlassung gibt, dass mit jedem Auge für sich Sehproben gemacht werden, wodurch dann das Leiden sogleich entdeckt wird. Wenn wir finden, dass das Sehen in die Ferne scharf ist und entweder durch concave oder durch convexe Gläser diffus wird, während für nahe Gegenstände Convexgläser erfordert werden, so ist damit schon die Diagnose gemacht, und findet in der Trägheit der erweiterten Pupille nur mehr ihre weitere Bestätigung.

Für Hypermetropen hat die Accommodationslähmung noch grössere Störungen im Gefolge: ihr Sehen ist nicht nur für nahe Gegenstände, sondern auch für die Ferne, für welche zuvor eine unwillkürliche Accommodation die Hypermetropie mit Leichtigkeit überwand, ein diffuses. Es ist klar, dass ein solcher Zustand an Amblyopie denken lässt, und ich habe bereits (vergl. p. 239) einen Fall mitgetheilt, wo des Patienten Vater, selbst ein Arzt, das Schlimmste befürchtete. Beobachtet man die Vorsichtsmaassregel, bei jeder Sehstörung systematisch den Refractionszustand und die Sehschärfe für die Ferne (vergl. § 9) mit Hülfe von Gläsern zu bestimmen, so ist man sicher, jeden Irrthum zu vermeiden. Amblyopie ist sofort ausgeschlossen, und daran, dass die für die Ferne erforderlichen Gläser für nahe Gegenstände ungenügend sind, wird die Accommodationslähmung erkannt.

Die Erscheinungen sind weniger charakteristisch, wenn keine vollständige Paralyse, sondern blos Parese besteht. Der Myope bemerkt dann oft keine eigentliche Sehstörung; der Emmetrope klagt nur über Ermüdung bei Anstrengung fürs Nahesehen, welche der Asthenopie der Hypermetropen gleicht (vergl. p. 240); der Hypermetrope jedoch empfindet sehr rasch beträchtliche asthenopische Beschwerden beim Nahesehen und selbst beim Scharfsehen in die Ferne. Im Allgemeinen tritt bei Accommodationsparese Asthenopie sehr rasch auf; erstens, weil die weitere Pupille eine genauere Accommodation erfordert, um genügend unterscheiden zu können, und zweitens, weil, so wie bei der Atropinparese, die relative Accommodationsbreite sehr ungünstig gelegen ist; während beim Maximum der Convergenz der Nahpunkt verhältnissmässig nur wenig entfernter vom Auge ist, so ist bei mittlerer Convergenz blos eine geringe Accommodationsspannung möglich.

Manchmal werden auch Klagen über Mikropie bei Accommodationsparesen laut [1]), deren Erklärung wir schon früher (vergl. p. 495) gegeben haben.

Das Vorangehende bezieht sich hauptsächlich auf die nicht complicirte Accommodationslähmung. Dieselbe ist jedoch, wie wir gesehen haben, oft Theilerscheinung einer allgemeinern Erkrankung, und zwar am häufigsten der Paralyse des N. oculomotorius. Wenn diese letztere vollständig ist, hängt das obere Augenlid herab, und selbst der äussere Winkel der Augenlidspalte steht beträchtlich niederer, als der der andern Seite (vergl. Fig. 169, nach einer Photographie aufgenommen) — zum Beweise, dass der (jetzt gelähmte) Aufheber des obern Augenlides zugleich der Aufheber des mit ihm verbundenen untern Lides ist. Eine obwohl sehr geringe Beweglichkeit des Lides nach aufwärts bleibt zurück, weil beim Versuche es zu heben, der Musculus orbicularis palpebrarum, welcher vom N. facialis versorgt wird, sich noch mehr entspannen kann; der letztere Muskel bleibt in allen Fällen einer starken Contraction fähig. Heben wir das gelähmte Augenlid in die Höhe, so finden wir die Hornhaut nach aussen abgelenkt (Fig. 170), und dieselbe erreicht beim Sehen nach der entgegengesetzten Richtung kaum die Mitte der Augenlidspalte (Paralysis m. recti interni). Beim Versuche

Fig. 169.

Fig. 170

nach aufwärts zu sehen, bleibt das gelähmte Auge unverrückt an seinem Platze (Paralysis mm. recti superioris et obliqui inferioris). Beim Versuche nach abwärts zu sehen, wirkt bloss der Musc. obliquus superior, welcher vom N. trochlearis versorgt wird, und daraus resultirt, insbesondere wenn das Auge nach aussen gewendet wird, vielmehr eine leichte Rotation um die Sehlinie nach einwärts, als eine Abwärtsbewegung dieser Achse.[2]) Mit diesen

[1]) Insbesondere hat diess Demours (Traité des maladies des yeux, T. I, p. 444) bemerkt. Vergl. auch Duval (Ann. d'Oculist. T. XXIII, p. 154).

[2]) Die hier erwähnte Rotation wurde von mir beobachtet und analysirt in einem Falle, den ich in Nederlandsch Lancet, 1850, D. VI., p. 425. beschrieben habe. Vergl. auch Ruete, Klinische Beiträge, p. 242. Dieselbe erfordert hier einige Erläuterung. Bei den Bewegungen der Sehachse direct nach auf- und abwärts, so

Erscheinungen sind ein falsches Urtheil über den Ort und eine scheinbare Bewegung der Gegenstände, bei jedem Versuche zu einer Bewegung des Auges, verbunden; — das erstere durch eine unrichtige Beurtheilung der Stellung des Auges, die letztere durch den Verlust einer entsprechenden Uebereinstimmung zwischen dem willkürlich ausgeführten Versuch einer Bewegung und den wirklichen Bewegungen des Sehfeldes auf der Netzhaut bedingt. Dadurch erklärt sich die Klage über Schwindel. — In andern Fällen ist nur ein Theil der vom dritten Paare versorgten Muskeln in die Lähmung mit einbegriffen; zuweilen ist der M. levator palpebrae superioris, welcher nicht leicht vollkommen frei bleibt, und welcher auch sehr leicht die Störung verräth, ganz allein ergriffen, manchmal der M. rectus internus; sehr selten ist der M. obliquus inferior mit ergriffen, obgleich eben der für diesen Muskel bestimmte Zweig, welcher die kurze Wurzel des Ciliarganglions abgibt, es ist, von welchem sehr häufig die vollkommen isolirte, uncomplicirte Lähmung der Accommodation ausgeht. — Nicht selten sind auch in beiden Augen verschiedene, vom dritten Gehirnnervenpaare versorgte Muskeln gleichzeitig oder nacheinander, mit oder ohne Verlust der Accommodation, mehr oder weniger gelähmt. — Ferner beobachten wir, dass auch das vierte und sechste Paar ergriffen sind (ich sah sogar einen Fall, wo blos der Musculus rectus externus und die Accommodation gelähmt waren); und gelegentlich findet sich auch Paraesthesie in einigen Zweigen des fünften Paares. — Endlich erscheint die Accommodationslähmung vollkommen untergeordnet bei Lähmung verschiedener anderer Körpertheile, und hängt dann von Störungen der Centralorgane ab. Bei allen diesen Combinationen sind jedoch die mit der Accommodationslähmung einhergehenden Störungen dieselben.

Die krankhafte Veränderung, von der die Accommodationslähmung abhängt, bleibt oft im Dunkeln. Die Erfahrung zeigt, dass nicht selten bei plötzlichem Temperaturwechsel, insbesondere wenn man einem Sturme oder heftigem Luftzuge ausgesetzt war, Lähmungen der motorischen Nerven des Auges, manchmal blos eines Zweiges oder mehrerer, auftreten. Wenn die Tage aussergewöhnlich heiss und die Abende kühl sind, so kommt im Allgemeinen eine grössere Anzahl von Lähmungen zur Beobachtung. Solche Fälle werden rheumatische genannt, und werden von Einigen auf eine entzündliche Affection der Nervenscheide zurückgeführt. Die Lähmung tritt in diesen Fällen plötzlich auf und wird oft Morgens beim Erwachen wahrgenommen. Wir können dann hoffen,

---

wie bei denen nach beiden Seiten in einer horizontalen Ebene bleiben die verticalen Meridiane der Primärstellung vertical, wie diess aus der Coincidenz der Nahbilder eines verticalen farbigen Bandes mit den Bildern anderer verticaler Linien erhellt, so dass im letztern Falle das Auge um eine verticale, im ersteren um eine horizontale Achse rotirt. Damit diess möglich wird, müssen der M. rectus superior und der M. obliquus inferior sich bei der Bewegung nach aufwärts gegenseitig bei der Rotation um die horizontale Achse unterstützen und bei der Rotation um die Sehlinie neutralisiren; dasselbe gilt vom M. rectus inferior und dem M. obliquus superior beim Abwärtssehen. Diess erklärt den Effect des vom N. trochlearis versorgten M. obliquus superior, den man bei Paralyse des N. oculomotorius, wobei der M. rectus inferior gelähmt ist, beim Versuche nach abwärts zu schauen, beobachtet. Vergl. Ruete, das Ophthalmotrop, 1846, p. 9, und F. C. Donders, Beitrag zur Lehre von den Bewegungen des menschlichen Auges. Holländische Beiträge zu den anat. und physiol. Wissensch., 1846, B. I, pp. 105 et seq.

dass sie im Verlaufe einiger Wochen und Monate wieder schwindet; diese Hoffnung muss aber, wenn sie nach sechs Monaten sich nicht erfüllt hat, aufgegeben werden. Wird nachträglich auch das andere Auge ergriffen, was ich oft gesehen habe, so denkt man natürlicher Weise an eine constitutionelle Praedisposition; es findet sich jedoch häufig für diese Ansicht kein genügender Grund. — Nur die Syphilis kann als constitutionelle Ursache anerkannt werden, und sie kann, wo früher Mercurialien gebraucht worden sind, Lähmung selbst viele Jahre nach der Infection hervorrufen. Unter solchen Verhältnissen beschränkt sich die Lähmung selten auf die Accommodation. Der Sitz wird insbesondere dann als central betrachtet, wenn beide Seiten ergriffen sind; die Syphilis kann Lähmung durch Periostitis, durch besondere Nerventumoren, vielleicht auch durch Nervenentzündung herbeiführen. Gewöhnlich ist jedoch keine dieser krankhaften Veränderungen während des Lebens nachweisbar. Die Prognose ist in solchen Fällen weniger günstig. — Ueberdiess finden wir Fälle erwähnt, wo Verletzungen, Abscesse in der Augenhöhle, Tumoren der Schädelhöhle und verschiedene krankhafte Veränderungen des Gehirnes im Spiele waren, und leichtgläubige Aerzte haben auch Hysterie und Hypochondrie in die Reihe der Ursachen zugelassen.

In Betreff der Behandlung können wir kurz sein. Die sogenannte rheumatische Lähmung weicht oft spontan, am häufigsten nach zwei oder drei Monaten. Es ist ziemlich allgemein der Gebrauch unter solchen Verhältnissen eine Veratrinsalbe in der Augengegend anzuwenden und innerlich Secale cornutum zu verordnen, und ich folge in dieser Beziehung dem Beispiel der Andern; es ist jedoch sehr schwer sich selbst durch vergleichende Beobachtungen vom Nutzen dieses Heilverfahrens zu überzeugen. Die Myosis, welche auf Anwendung von Calabar, selbst bei Lähmung des Nervus oculomotorius, eintritt, bringt wohl in jedem Falle symptomatische Besserung. In wiefern aber dieses Mittel auch anderweitig angezeigt ist, darüber müssten erst weitere Erfahrungen entscheiden (vergl. den Schluss von § 48 über Myosis und Myotica). Nimmt man constitutionelle Syphilis als Ursache an, so wird oft eine antisyphilitische Behandlung versucht, und gibt man gewöhnlich einer kleinen Reihe von Einreibungen den Vorzug, welche jedoch, wie jede andre Behandlung häufig ohne bemerkenswerthen Erfolg bleibt. — Ist das Nervensystem allgemeiner ergriffen, so müssen Lebensweise und Behandlung ohne besondere Rücksicht auf die Accommodationslähmung dem entsprechend geordnet werden.

Rücksichtlich des Gebrauches von Gläsern bei Accommodationslähmung genügt die Bemerkung, dass es kaum je gegenangezeigt ist, den Punkt des deutlichen Sehens dahin zu verlegen, wo die bestehende Sehschärfe und die Natur der erforderten Arbeit ihn wünschenswerth erscheinen lassen. Manchmal jedoch, insbesondere wenn die Lähmung eine unvollständige ist, verordne ich schwächere Gläser, um mich durch die dann erforderliche Anstrengung der Uebung des Accommodationsvermögens zu versichern. Treten dann aber asthenopische Beschwerden auf, so säume ich nicht länger stärkere Gläser zu geben. Ob bei Accommodationsparalyse des einen Auges die Hülfe eines Convexglases erforderlich ist, muss nach dem beurtheilt werden, was über den Gebrauch von Gläsern bei verschiedenem Refractionszustande beider Augen gesagt worden ist (vergl. § 42). Wir müssen immer in Erinnerung

behalten, dass bei dem unveränderlichen Refractionszustande des einen Auges ein und dasselbe Glas immer nur für eine ganz bestimmte Entfernung Nutzen bringen kann.

Das hauptsächlichste objective Symptom der Accommodationslähmung — die weite, unbewegliche Pupille — hat zuerst die Aufmerksamkeit auf sich gezogen und ist von den ältern Schriftstellern mit dem Namen Mydriasis bezeichnet worden. Da aber eine erweiterte Pupille ein Symptom der Amaurose ist, so wurde auch die Sehstörung bei einfacher Accommodationslähmung als ein leichter Grad von Amblyopie betrachtet oder dem Uebermaasse des einfallenden Lichtes zugeschrieben. Selbst in unserer Zeit ist diese irrthümliche Auffassung nicht ungewöhnlich. Es dauerte in der That unglaublich lange, bis die Ophthalmologen im Allgemeinen einen hinreichend richtigen Begriff von der Accommodation hatten, um ihre Anomalien verstehen zu können. Und diess war der Fall trotz des ausgezeichneten Beispieles, welches Dr. Wells (Philosophical Transactions, vol. CI, p. 378, London, 1811) gegeben hatte, der einen Fall von Accommodationslähmung richtig erkannte und verstand, und der seine Schilderung mit folgenden, prägnanten Worten schloss: — „From these circumstances it was plain that this gentleman, at the same time that his pupils had become dilated, and his upper eyelids paralytic, had acquired the sight of an old man, by losing suddenly the command of the muscles, by which the eye is enabled to see near objects distinctly; it being known to those who are conversant with the facts relating to human vision, that the eye, in its relaxed state, is fitted for distant objects, and that the seeing of near objects accurately is dependent upon muscular exertion.“ Wie Ruete schon angibt, finden wir bei einigen Schriftstellern, wie E. Home, Sichel und Canstatt, bei Fällen von Lähmung des Oculomotorius die Abnahme der Accommodation für nahe Objecte angeführt; aber wir vermissen noch die genaue Bezeichnung, und überhaupt eine correcte Vorstellung über den Zustand in einem solchen Falle. James Hunter (Edinburgh Medical and Surgical Journal, Jan. 1840, p. 124) glaubt sogar, dass ein Fall von Mydriasis, welcher plötzlich bei einem Kinde aufgetreten war, und wobei nahe Objecte nur mittelst Convexbrillen ($^1/_9$) unterschieden werden konnten, einem Krampfe zugeschrieben werden müsse. Mit Bezugnahme auf diesen Fall wirft Himly (l. c. B. 2, p. 481) die Frage auf, ob Paralyse nicht eher Presbyopie erzeugen solle, und beschreibt in der That die Accommodationsparese unter dem Namen einer plötzlich auftretenden Presbyopie. In gleicher Weise mag das, was von Walther (Journal von Graefe und Walther, B. III, p. 22) als Amaurosis ciliaris, was Sichel (Annal. d'Oculist., 1853) als Amblyopie presbytique beschreibt, nichts anderes als Accommodationsparese gewesen sein. Inzwischen handelte Ruete (l. c. 1843, p. 246) eingehend von dem Einfluss der Lähmung des dritten Gehirnnervenpaares auf die Accommodation; da jedoch in den drei Fällen, die ihm zufällig vorkamen, kaum eine Störung vorhanden war, so glaubte er, dass diesem Nerven kein sehr grosser Einfluss auf die Accommodation zugeschrieben werden könnte.

So erhielten sich Unkenntniss und Zweifel. Ich weiss nicht, wer der Erste war, der klarere und correctere Vorstellungen verbreitete. Mir scheint jedoch, als ob dieselben in der Entdeckung des Principes der Accommodation mit eingeschlossen waren, und dass sie nach dieser Entdeckung von verschiedenen Seiten her gleichsam spontan zu Tage traten, obwohl sich Cramer, der das Princip selbst entdeckte, noch über den Nerveneinfluss bei der Accommodation täuschte. Eine genauere Beobachtung der sich darbietenden Fälle stammt sicherlich von der Einführung der Bestimmung der Accommodationsbreite her.

Die Mydriasis, als Symptom der Erblindung, fast immer durch Cerebralleiden bedingt, gehört nicht zu meinem Thema. Ueber jene Mydriasis, welche unabhängig von Accommodationsparese ist, könnte ich wohl auch mit Stillschweigen hinweggehen. Ich glaube, dass in der That in der grossen Mehrzahl der Fälle entweder die Accommodationsparese übersehen, oder das Bestehen der Mydriasis leichthin angenommen wurde. Es wurde sicherlich nicht genügend in Betracht gezogen, dass Kinder gewöhnlich weite Pupillen haben, und es wurden daher alle möglichen Ursachen, insbesondere das Behaftetsein mit Würmern, herbeigezogen, um eine Erscheinung zu erklären, welche in der Kindheit keiner Erklärung be

darf. Genaue Bestimmung des Umfanges der Pupille, bei gleicher Beleuchtung, ist in jedem Falle erforderlich; bei meinen Untersuchungen, bei denen ich die Messungen mit dem Ophthalmometer machte, war ich von der Gleichheit der Pupille bei denselben Individuen zu verschiedenen Zeiten, wenn nur die Beleuchtung und die Accommodation die gleiche war, völlig überrascht. — Ueberdiess werden Fälle mitgetheilt, wo bei allgemeiner Neigung zu Krämpfen, bei Anaesthesie, auch bei Reizung des fünften Gehirnnervenpaares, eine besonders weite Pupille bestand; es ist jedoch dabei über die Accommodation nichts angegeben. Ein bemerkenswerther Fall von unregelmässiger, fast launenhafter, manchmal periodisch recidivirender Mydriasis, welche abwechselnd auf beiden Augen auftrat und von Accommodationsparese begleitet war, wird von v. Graefe erwähnt (Arch. f. Ophthalm. B. III, 2, p. 359). In diesem Falle war das Sehvermögen permanent gestört, und es lag ihm wahrscheinlich eine Gehirnaffection zu Grunde. Von Graefe gibt an, Mydriasis auch als Vorläufer von Manie beobachtet zu haben. — Dass auch ein Reizungszustand des Halstheiles des Sympathicus (Reizung des Unterleibtheiles bringt bei Thieren keine Mydriasis hervor) zu einfacher Mydriasis, ohne irgend einen Einfluss auf die Accommodation, führen könne, ist a priori sehr wahrscheinlich; aber die Fälle, wo das Auftreten derselben sichergestellt wäre, fehlen fast vollständig in der Literatur, und ich habe bis jetzt auch noch keinen derartigen Fall zu Gesicht bekommen.

§ 47. Accommodationsparese nach Diphtheritis faucium und Accommodationsschwäche.

Vor einigen Jahren kam in verschiedenen Ländern Europa's eine bösartige Erkrankung unter dem Namen Diphtheritis faucium oder Angina diphtheritica (richtiger diphtherina) in grösserer Ausdehnung vor. Im Anfange des Jahres 1860 begann sie sich an verschiedenen Orten der Niederlande zu zeigen, wo sie noch gegenwärtig herrscht und noch im Verlauf des vergangenen Jahres so manche Opfer forderte [1]). In Frankreich sowohl, als anderwärts, wurden verschiedene Lähmungsformen als Folgekrankheiten dieser Diphtheritis beobachtet. Unter diesen wurde auch der Sehstörung Erwähnung gethan, ohne dass jedoch die Natur derselben richtig gewürdigt worden wäre [2]). Bald nach Auftreten dieser Krankheit stellten sich mir Fälle vor, bei denen ich durch einen besondern Umstand den Zusammenhang mit der in Rede stehenden Angina fand. Es war mir sogleich klar, dass das, was als Störung in der Function der Netzhaut betrachtet wurde, eine einfache Accommodationsparese sei; und ich hatte nachträglich Gelegenheit mich von der Richtigkeit meiner Ansicht bei einer grossen Zahl von Kranken zu überzeugen.

---

[1]) S. die Berichte in Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde, 1863.

[2]) Es wurde schon der Paralyse nach Diphtheritis gelegentlich Erwähnung gethan von Bretonneau, Trousseau und Blache, und eine genaue Beschreibung eines von ihm selbst beobachteten Falles, nebst einem kurzen Berichte über sechs andere, von Faure (L'Union medic. Not. 15 et 16, 1857) gegeben. Obwohl die allgemeinen, paralytischen Symptome die hervorragendsten sind, so geschieht doch auch der Gaumenlähmung und der „Sehschwäche", einmal auch des Strabismus Erwähnung. Es wurden auch von Richard und von Mayer (vergl. Eisenmann, Canstatt's Jahresbericht, 1858) Fälle erwähnt, wobei von Sehstörungen die Rede ist. — Seit meinen eigenen Untersuchungen sind aller Orts bestätigende Beobachtungen gemacht worden. Vergl. über die Literatur: Jaffé, Schmidt's Jahrbücher. 1862, p. 97.

Nachfolgend gebe ich eine Geschichte des Verlaufes meiner Beobachtungen über diesen Gegenstand*):

I. Fräulein D., 26 Jahre alt, kam am 22. Mai 1860 zu mir und klagte über Sehstörung. Bei der Untersuchung fand sich, dass diese Störung auf Verminderung des Accommodationsvermögens beruhe. Entfernte Gegenstände wurden ganz scharf gesehen, wurden aber sowohl durch Convex- als Concavgläser diffus; es bestand daher Emmetropie. Die Distanz P des Nahpunktes (zu 26 Jahren, bei normaler Accommodationsbreite des emmetropischen Auges, $= 4\frac{1}{2}$ bis 5 Pariser Zoll) war für's rechte Auge auf 24", für das linke auf 12" hinausgerückt. Für das rechte Auge war mit Gläsern von $\frac{1}{24}$ $R = 12$", für das linke $R = 8$". Die Pupillen waren über das Normale erweitert, besonders die rechte; die Reflexbewegung war ziemlich gut, die Accommodationsbewegung, besonders im rechten Auge, sehr beschränkt.

Die Kranke hatte vor mehr als fünf Wochen, damals in Bennekom wohnend, an einer Halsentzündung gelitten. Nach Utrecht zurückgekehrt, hatte sie ungefähr vierzehn Tage früher zum ersten Male bemerkt, dass sie nahe Objecte nicht mehr scharf sehen könne. Sie konnte nur einige Zeilen lesen, und diess nur in einer verhältnissmässig grossen Entfernung; dann liefen die Zeilen durcheinander, die Buchstaben wurden unkenntlich, die Zeilen erschienen wie blosse Streifen, die Augen waren wie ermüdet.

Diese Symptome gleichen denen der Asthenopie. Es war jedoch keine manifeste Hypermetropie zugegen, und nach Atropinlähmung zeigte sich $Hm = \frac{1}{60}$, wie diess bei emmetropischen Augen gewöhnlich der Fall ist. Wir hatten es daher nicht mit gewöhnlicher Asthenopie zu thun. In der That widersprachen sowohl die Geschichte des Falles, als die gegenwärtigen Symptome der Natur dieses Leidens. Was die erstere anbelangt, — so war die Störung plötzlich, oder doch wenigstens innerhalb weniger Tage, aufgetreten, ohne dass vorher eine besondere Ermüdung, selbst nach fortgesetzter Arbeit bemerkt worden wäre. Bei Asthenopie in Folge von Hypermetropie treten dagegen die störenden Symptome entweder sehr langsam und anfangs augenscheinlich periodisch auf, oder in Folge besonders schwächender Ursachen. Was die Symptome betrifft, so war der Nahpunkt zu sehr vom Auge entfernt; Lesen u. s. w. war selbst bei dem ersten Versuche erschwert, und Ruhe des Auges brachte zu geringe, zeitweilige Besserung mit sich. Ueberdiess fehlte das eigenthümliche Gefühl von Druck in der Stirne, welches die Hand unwillkührlich an dieselbe führt, während andererseits die weiten, und bei der Accommodation zu langsam beweglichen Pupillen direct auf Parese hindeuteten.

Die Ursache dieser Parese blieb indessen dunkel. Nach meiner Erfahrung kommt bei Kindern Verlust oder Verminderung der Accommodation, ohne Parese der Augenmuskeln, in gleicher Weise an beiden Augen, nicht so selten vor, und wird wieder gewöhnlich innerhalb zwei oder drei Monaten gut; die Ursache bleibt unbekannt und die Genesung erfolgt, ohne dass etwas Besonderes dazu gethan worden wäre. Bei Erwachsenen ist es ganz anders; Paralyse der Accommodation auf beiden Augen zugleich ist bei diesen ein sehr seltenes Vorkommen, und sicher noch seltener ohne sonstige Lähmung der Augenmuskeln und der Augenlider. Ich war daher nicht in der Lage, aus der Erfahrung irgend eine sichere Prognose zu stellen. Dieselbe konnte jedoch

*) Die genauern Einzelnheiten sind von mir in Holländische Beiträge zur Natur- und Heilkunde, B. 10, 1861, gegeben worden.

nicht günstig sein, insoferne das gleichzeitige Auftreten des Leidens auf beiden Seiten das Vorhandensein einer centralen Ursache vermuthen liess, was durch die bestehende Eingenommenheit des Kopfes, leichte Schwindelanfälle und manchmal sogar heftige Kopfschmerzen noch weitere Unterstützung fand. Ableitungen auf den Darmkanal, Fussbäder, stimulirende Einreibungen an die Stirne wurden verordnet und Ruhe anempfohlen. Später wurden Gläser von $^1/_{16}$ für die Nähe gestattet, durch welche jede Schwierigkeit beim Sehen in die Nähe vermieden wurde.

Bei der Untersuchung dieser Kranken entging mir ein eigenthümlicher Fehler in der Sprache nicht. Ich nahm an, dass er von einem angeborenen Mangel herrühren müsse. Aus Zartgefühl vermied ich es die Kranke darüber direct zu befragen, und sie selbst berührte die Sache auch nicht.

II. Ungefähr vierzehn Tage später wurde ein junger Mensch, Namens R., 15 Jahr alt, blond, bleich und etwas schwächlich, zu mir gebracht. Seine Klagen waren durchwegs dieselben, wie die des Fräulein D. Das Sehvermögen war jedoch noch mehr beschränkt, er sah in die Ferne scharf, in der Nähe konnte er jedoch selbst gewöhnlichen Druck nicht mehr lesen. Der Nahpunkt liess sich nicht direct bestimmen, mit Gläsern von $^1/_8$ lag er in 7″. Die Pupillen waren weit, Reflexbewegung gering, Accommodationsbewegung kaum wahrnehmbar.

Es fiel mir auf, dass bei diesem Knaben ein ähnlicher Sprachfehler, wie bei Fräulein D. vorhanden war. Auch dieser Kranke hatte an Halsentzündung gelitten. Er kam überdiess von Ede, einem Dorfe in unmittelbarer Nachbarschaft von Bennekom. Noch mehr, ich vernahm, dass in demselben Bennekom noch mehrere Leute, welche ebenfalls an Halsentzündung gelitten, sowohl Sehstörung, als Sprachbeschwerden aufwiesen. Dieser Umstand schien mir in der That von Bedeutung.

Bei R. untersuchte ich nun Alles, was nur immer auf die veränderte Stimme und Sprache Bezug haben konnte. Die Störungen waren bei dem Knaben unmittelbar nach der Halsentzündung zurückgeblieben; bei Fräulein D. entwickelten sie sich, wie ich später in Erfahrung brachte, erst einige Zeit, nachdem das Halsweh vorüber war.

Die Schleimhaut des Mundes und Rachens war normal, eher blass, als roth, die Tonsillen kaum geschwollen. Die Uvula jedoch war ausnehmend lang und absolut unbeweglich. — Wenn wir den Gaumen in seinem normalen Zustande anschauen, während die Zunge ein wenig hinabgedrückt und die Nase geschlossen wird, so dass das Athmen durch den weitgeöffneten Mund geschehen muss, so wird der weiche Gaumen zurückgezogen, und die Uvula verkürzt und verlängert sich dabei gewöhnlich abwechselnd. Beim Versuche zu schlingen, was am besten vor sich geht, wenn der Unterkiefer kräftig fixirt wird, steigt der weiche Gaumen noch mehr empor, die Gaumenbogen verkürzen sich und das erste Mal wenigstens zieht sich gleichzeitig auch die Uvula zurück. Ungefähr dasselbe wird beim Versuche zu sprechen beobachtet; es ist am besten den Kranken den Laut *a* aussprechen zu lassen, was bei weitgeöffnetem Munde und niedergedrückter Zunge recht gut möglich ist. Noch stärker ist die Zusammenziehung der Gaumenbogen und die Erhebung des Gaumens mit Verkürzung der Uvula im Beginne des Brechactes, welcher auf Kitzeln des Pharynx mit einer feinen Feder erfolgt. Bei allen diesen Versuchen blieb nun die Uvula unseres Patienten gleich lang und unbeweglich, das Aufsteigen des Gaumens war sehr beschränkt, und die Arcus pharyngo-staphylini näherten sich einander nur wenig. Es war daher augenscheinlich der Azygos uvulae vollständig gelähmt und die übrigen Gaumenmuskeln mehr oder weniger paretisch.

Was die Sprache anbelangt, so zeigten sich zwei Abweichungen von der Norm, und zwar, Sprechen durch die Nase, und Begleitetsein mancher Laute von einem rasselnden oder schnarchenden Geräusche. Das rasselnde Geräusch hing offenbar vom Erzittern der Uvula, welche mit der Zungenwurzel in Contact gekommen war, ab, und wurde bei besonderen Consonanten, wie auch beim Selbstlaute *e* (wie im englischen Worte *able*) stark gehört.

Das Sprechen durch die Nase war an und für sich ein Beweis, dass in Folge der Parese des weichen Gaumens die Nasenhöhle nicht abgeschlossen war. Der Nasenlaut wurde besonders stark bei der Aussprache des *o* vernommen, bestand jedoch mehr oder weniger auch bei allen übrigen Selbstlauten, und war auch bei allen tönenden Consonanten hörbar. Die Communication mit der Nasenhöhle bei der Aussprache der Selbstlaute zeigte sich überdiess durch die Bewegung, welche dem Flaume feiner Federn, die auf einem an die Oberlippe gestützten Blatt Papier unter die Nasenlöcher gehalten wurden, sich mittheilte. Das leichte Ansteigen des Tones bei jedem Laute, sowie die Zunahme des Nasaltones werden auch bei der Compression der Nasenflügel deutlich wahrgenommen. Endlich zeigte sich die verhinderte oder doch verlangsamte Bewegung des Gaumens auch an der Unmöglichkeit die Verschlussconsonanten tönend auszusprechen. Diese Consonanten werden nämlich hervorgebracht, indem entweder der geöffnete Mund geschlossen oder der geschlossene geöffnet wird. Findet der Verschluss zwischen den Lippen statt, so wird das *p* hervorgebracht, durch Verschluss zwischen dem vordern Theile der Zunge und dem vordern Theile des harten Gaumens das *t*, und beim Schlusse zwischen den weiter rückwärts gelegenen Theilen der Zunge und des harten Gaumens das *k*. Lassen wir zu gleicher Zeit die Stimme tönen, so verwandeln sich die Laute *p*, *t*, *k* in die tönenden Consonanten *b*, *d*, *g*. Um nun diese Laute zu erzeugen, muss die Nasenhöhle von der Rachenhöhle abgeschlossen werden. Fehlt diese Scheidewand, so bringen wir anstatt *b*, *d*, *g*, die Resonanzlaute *m*, *n* *ng* hervor. Diess war nun auch wirklich bei unserm Kranken der Fall: ein tönender Verschlussconsonant zu Ende des Wortes verwandelte sich in den entsprechenden Resonanten. Englische Wörter, deren Verschlusslaute auch zu Ende der Wörter mit tönender Stimme gesprochen werden, erläutern diess am besten, — z. B. die Wörter *rub*, *head* und *egg*. Wollte R. diese Wörter gut aussprechen, so sagte er unveränderlich *rum*, *hen* und *eng*, oder *rump*, *hent* und *enk*. Nachdem er hörte, wie sehr diese Laute von den verlangten abweichen, wurde manchmal *rup*, *het* und *ek* hervorgebracht. Es war jedoch nur nöthig ihn ernstlich zu erinnern, dass die Schlussconsonanten tönend ausgesprochen werden müssten, um jeder Zeit wieder *rum*, *hen* und *eng* zu erzeugen. Befanden sich die tönenden Verschlussconsonanten nicht am Ende der Wörter, so wurde ihr Laut wohl charakteristisch gehört, sie begannen aber jedesmal mit den Resonanzlauten; so wurde für *band* *mband*, für *door* *ndor* und für *give* *nggive* ausgesprochen. Bei der Aussprache der harten, nicht tönenden Verschlussconsonanten *p*, *t*, *k* war hingegen kaum eine Abweichung zu bemerken.*)

---

*) Die mit der Articulation in Verbindung stehenden Erscheinungen geben dem Augenarzte häufig die erste Andeutung von der Krankheit. Es sei mir daher gestattet, dieselben hier kurz auseinander zu setzen. Man vergleiche übrigens: Brucke, Grundzüge der Physiologie und Systematik der Sprachlaute. Wien 1856. Folgt der weiche Verschlussconsonant auf einen Selbstlaut, welcher durch die Nase gesprochen wird, so muss die Nase vollkommen von der Mundhöhle abgeschlossen werden, in demselben Momente, in welchem die Mundhöhle zwischen den Lippen (bei *b*) oder zwischen Zunge und Gaumen (bei *d* und *g*) geschlossen wird. Geschieht die Abschliessung nicht in demselben Momente, so hören wir die Resonanten *m*, *n*, *ng* anstatt der Verschlussconsonanten *b*, *d*, *g*. Der Mechanismus ist bei beiden derselbe, nur dass bei den Resonanten eine Verbindung zwischen Mund- und Rachenhöhle besteht, welche bei den Verschlussconsonanten fehlt. Besteht nun Parese des Gaumens, so wird bei der Aussprache der Selbstlaute die Nasenhöhle nicht vollständig abgeschlossen, und es ist klar, dass beim Versuche unmittelbar nachher einen weichen tönenden Verschlussconsonanten auszusprechen der vollkommene Verschluss entweder gar nicht, oder doch zu spät erfolgt. Wir hören daher bei unserem Kranken anstatt *rub*, *head* und *egg* die Wörter *rum*, *hen* und *eng*. Bei vermehrter Anstrengung wird daraus *rump*, *hent*, *enk* (richtiger *engk* — denn das *n* vor *k* ist immer ein *ng*); es wird nämlich der tonlose Verschlussconsonant hinzugefügt. Der Mechanismus dieses letzteren bietet wohl keine Schwierigkeiten dar; denn es braucht nur der Verschluss des Mundes, nachdem der Ton der Stimme aufgehört, durch irgend einen

Der halbparalytische Zustand des Gaumens liess mich vermuthen, dass auch das Schlingen nicht regelmässig vor sich gehe. Der Kranke gab auch wirklich an, dass er feste Nahrung nur mit grosser Anstrengung schlingen könne, und dass er beim Trinken langsam und vorsichtig zu Werke gehen müsse. Flüssigkeiten dringen sehr leicht in die Nase, und diess gibt gewöhnlich Veranlassung zur Regurgitation in den Larynx und folglich zum Husten.

Soviel einstweilen in Betreff des jungen R.

Bald nachher hatte ich Gelegenheit Fräulein D. wieder zu sehen. Die Uebereinstimmung der Symptome von Seite des Gaumens, der Sprache und des Schlingactes mit denen, welche ich bei R. gefunden, war überraschend. Das rasselnde Geräusch war jedoch geringer, und die Kranke klagte mehr über Absonderung eines klebrigen Schleimes im Rachen, der sich nur schwer entfernen liess.

Die eben beschriebenen zwei Fälle regten mein Interesse lebhaft an. Es konnte, so schien mir, kein Zweifel über den Zusammenhang zwischen den Lähmungssymptomen und der vorangegangenen Halsentzündung bestehen. Fernere Untersuchungen schienen jedoch wünschenswerth, und ich begab mich daher nach Bennekom, wo mir die Aerzte, Dr. Thomas und Herr Ketting, mit der grössten Bereitwilligkeit jede verlangte Auskunft ertheilten; sie boten mir auch die Gelegenheit einige andere Kranke zu untersuchen, bei denen sich ebenfalls secundäre Lähmungserscheinungen zeigten. Die ersten vier Fälle hatten im acuten Stadium der Krankheit einen unglücklichen Ausgang.

III. Ich sah zuerst (am 10. Juni) ein 17-jähriges Mädchen, das am 7. April erkrankt war, und, nachdem sich beträchtliche, gangränöse Lappen abgestossen hatten, in vierzehn Tagen hergestellt war. Ich hörte, dass unmittelbar nach der Halsentzündung eine leichte Störung der Sprache bestand, dass dieselbe jedoch erst nach vierzehn Tagen beträchtlicher wurde, und dass nun zuerst ein rasselndes Geräusch vernommen und der näselnde Ton der Stimme ganz deutlich wurde. Ueberdiess hörte ich, dass eine Woche nach Ablauf der Krankheit zum ersten Male Beschwerden beim Lesen bemerkt wurden. Auch dieses Symptom nahm zu; die Kranke war jedoch noch immer im Stande einige Zeilen zu lesen. Während des Monats

---

Impuls der Luft unterbrochen zu werden, um die tonlosen Verschlussconsonanten hörbar zu machen. Die Nase bleibt zwar offen, aber der Laut eines Verschlussconsonanten ist bei einer nicht tönenden Stimme viel stärker, als der eines Resonanten, und wir hören daher den ersteren deutlich, den letzteren weniger deutlich. Hieraus erklärt sich auch, dass unser Kranke beim Aussprechen der Wörter *rup*, *het* und *ek* keine Schwierigkeiten findet. Denn zu diesem Behufe muss die Stimme blos unmittelbar nach dem Selbstlaute ruhen, dann wird der Resonant nicht gehört und die Unterbrechung des Mundverschlusses lässt die harten tonlosen Verschlussconsonanten hörbar werden. Auf die Frage endlich, warum die weichen tönenden Verschlussconsonanten besser im Beginne eines Wortes, als zu Ende desselben ausgesprochen werden, ist die einfache Antwort die, dass in diesem Falle der Verschluss der Mundhöhle und die Absperrung der Rachen- und Nasenhöhle von einander nicht genau im selben Augenblicke eintreten müssen. Beim Aussprechen von *band*, *door* etc. wird erst die Mundhöhle geschlossen, und dann wird, bevor die Stimme gehört wird, ein kräftiger Versuch gemacht, den Weg zur Nase durch den Gaumen zu schliessen. Gelingt diess nur zum Theile, so wird ein Laut vernommen, welcher die Mitte hält zwischen dem Verschlussconsonanten und dem Resonanten, oder besser, da der Verschluss noch während des Tönens der Stimme vor sich geht, so ist es so, als wenn dem Verschlusslaute ein Resonant voranginge: *mband*, *ndoor*, etc. Es bedarf keines Beweises, dass, wenn die Communication durchwegs frei bleibt, auch am Anfang der Wörter anstatt der Verschlussconsonanten blos die Resonanten gehört werden.

Mai blieben die Erscheinungen von Seite der Sprache und des Gesichtes fast unverändert. Im Anfange des Monats Juni zeigte sich entschiedene Besserung. Zur Zeit meines Besuches, am 10. Juni, waren die Bewegungen des Gaumens normal, und es wurde beim Sprechen kein rasselndes Geräusch mehr vernommen. Der näselnde Ton war jedoch bei der Aussprache der Selbstlaute gewöhnlich noch wahrnehmbar; *rub*, *head* und *egg* wurden noch immer wie *rump*, *hent* und *engk* ausgesprochen; manchmal wurde *rub* richtig gesprochen, *head* jedoch nie; *be* lautete fast immer wie *pe*; beim Zuhalten der Nase konnte die Kranke *be*, *de* und *ge* besser aussprechen. — Das Accommodationsvermögen war noch weit entfernt, seine normale Breite zu haben. Bei einer Myopie = $^1/_{40}$ lag der Nahpunkt noch immer in 6″. Die Accommodationsbreite betrug daher $^1/_6 - ^1/_{40}$ = etwas über $^1/_7$; sie sollte dem Alter der Kranken entsprechend $^1/_4$ betragen und war folglich auf ungefähr die Hälfte reducirt. Auch bestanden noch Beschwerden beim andauernden Lesen und bei feinern Arbeiten. Im Ganzen waren die Symptome ähnlich denen einer gewöhnlichen Asthenopie, — sie waren nur in sofern verschieden, als das Lesen viel leichter von Statten ging, wenn das Buch etwas weiter weggehalten wurde. Reflex- und Accommodationsbewegung der Pupille waren nur wenig gestört. — Nach meinem Besuche nahm die Besserung raschen Fortgang. Am 7. September erhielt ich von Dr. Ketting folgenden Bericht: — G. v. N. sieht wieder vollkommen gut, die Aussprache von *rub*, *head* und *egg* kann jedoch noch nicht vollkommen richtig genannt werden. Roborirende Behandlung und Diät.

Was Fräulein D. (die Kranke I.) betraf, so erfuhr ich hier, dass dieselbe am 15. April in Behandlung kam, dass die Symptome in jeder Beziehung mässig waren, dass geringer Halsschmerz, nur schwacher, übler Geruch und keine bedeutende Schwellung vorhanden waren, — dass nichtsdestoweniger diphtheritische Plaques im Rachen bestanden, dass Mineralsäuren angewendet wurden, worauf Abstossung und rasche Heilung erfolgte. Im Beginne des Monats Mai kehrte Frl. D. nach Utrecht zurück. Es wurde oben (p. 507) des Längern berichtet, wie einige Zeit später Verlust des Accommodationsvermögens und Beeinträchtigung der Sprache und des Schlingactes auftraten. Hierin trat jedoch nach und nach Besserung ein. Ich sah die Patientin am 1. September wieder. Das rasselnde Geräusch ganz verschwunden, die Uvula wurde leicht bewegt, die Schlingbewegung normal durchgeführt. Die Selbstlaute zeigen noch einen schwach näselnden Beilaut, der Ton ändert sich ein wenig beim äussern Nasenverschluss. *Rub* und *head* werden noch häufig wie *rumb* und *hend* ausgesprochen, das Wort *egg* jedoch besser. — Das Accommodationsvermögen ist wieder zurückgekehrt; bei genauer optometrischer Bestimmung wird der Nahpunkt für beide Augen in 5″, für das rechte Auge in 5·1″, für das linke in 5·3″ gefunden. Feinere Arbeiten können ohne jegliche Beschwerde ausgeführt werden; die Pupillen sind normal. Kopfschmerz, Eingenommenheit, u. s. w. sind vollständig geschwunden.

IV. Ferner sah ich einen 9-jährigen Knaben, welcher am 16. April unter heftigen Symptomen und starker Schwellung der äussern Halsdrüsen erkrankt war. Nach Verlauf von drei Wochen war er genesen, jedoch noch sehr schwach geblieben. Ungefähr zwei Wochen nachher wurde die Sprachstörung beobachtet; über das Sehen jedoch klagte der Kranke wenig. Indessen war und blieb er schwach, und einen Monat nach seiner Krankheit bemerkte man, dass er schlecht gehe. Am 9. Juni sah ich ihn, einen bleichen, abgemagerten Knaben, mit eingesunkenen Augen, etwas herabhängendem Unterkiefer, ungesunder Gesichtsfarbe und schmerzlichem Ausdruck der Gesichtszüge. Sein Gang ist schwankend, beim Laufen fällt er häufig auf die Kniee und kann sich nur schwer wieder erheben. Während der letzten drei Tage konnte er sich im Bette nicht umwenden, und muss gehoben werden, wenn er sich seitlich legen will. Zu gleicher Zeit klagt er über Schmerzen in der Stirne, manchmal auch im Nacken. Diess Alles hindert ihn nicht fröhlich und heiter zu sein, herumzulaufen und zu spielen, und in Gesellschaft seiner Spielgenossen denkt er nicht an seine Krankheit. Aber er findet das Kauen, und besonders das Schlingen fester Substanzen sehr beschwerlich; er verlangt bei seinen Mahlzeiten immer zu trinken, der Bissen geht jedesmal falsch, das Wasser dringt durch die Nase heraus, und es erfolgt Husten, manchmal auch Ekel und Erbrechen. Im Ganzen nimmt er nur wenig Nahrung zu sich. Seine Stimme ist stark näselnd, das rasselnde Geräusch ist fast constant zu hören, — mit einem Worte,

die Störung ist dieselbe, wie die oben beschriebene, und die eingeschränkten Bewegungen des Gaumens bezeugen den halbparalytischen Zustand desselben. — Sein Accommodationsvermögen ist weniger betheiligt, als bei den übrigen Kranken der Fall war. Er sieht gut in die Ferne, und sein Nahpunkt, der in 4″ oder 3·5″ liegen sollte, liegt in 6″.

Es wurde auf die Nothwendigkeit einer nährenden Diät und einer tonisirenden Behandlung Gewicht gelegt. Nach und nach trat allgemeine Besserung ein. Am 7. September erhielt ich folgenden günstigen Bericht: — „P. v. L. geht wieder in die Schule, er spricht die Worte *rub*, *head* und *egg* wie ein Engländer aus, stolpert nicht und fällt nicht mehr beim Laufen; alle seine Bewegungen sind leicht und frei; sein Appetit ist besser, als je zuvor; er sieht auf 6″ scharf; Ekelgefühl ist nicht vorhanden.

Bei dem unter II. mitgetheilten Falle war der Ausgang unglücklich. Der Verlauf der Erkrankung war stürmisch und war mit Schwellung der Schlund- und Speicheldrüsen verbunden gewesen. Die Reconvalescenz schien trotzdem günstig fortzuschreiten. Es entwickelte sich jedoch bald die Sprachstörung, und kurze Zeit später kam auch der Verlust des Accommodationsvermögens hinzu. Im Uebrigen schien der Kranke ganz wohl zu sein. Aber nachdem ich ihn in Utrecht gesehen (vergl. p. 508), trat Schwäche in den Füssen ein, die Arme wurden so kraftlos, dass er sich nicht selbst ausziehen und ankleiden konnte. Die Abmagerung nahm zu, und es traten nicht selten Athembeschwerden auf. Ein erster Anfall heftiger Dyspnoe wurde glücklich überstanden; einige Wochen später folgte jedoch ein zweiter. Trotz aller stimulirenden Mittel wurde die Respiration bald rasselnd, und der Kranke starb unter den Symptomen der sogenannten Lungenlähmung. Die Section wurde nicht gestattet.

Ausser den hier erwähnten, sah ich noch einige Fälle, wo ebenfalls Sehstörung bestanden hatte, aber das Accommodationsvermögen wieder vollständig zurückgekehrt zu sein schien. Es ist bemerkenswerth, dass in der Epidemie dieses von mir besuchten Ortes, alle jene, welche die Krankheit überstanden haben, wie es schien, ausnahmslos, Lähmungserscheinungen darboten. Später war an andern Orten die Sterblichkeit geringer, und es kamen Lähmungen als Folgekrankheit viel seltener vor. Nichtsdestoweniger war die Zahl derer, die sich an mich wendeten, über dreissig, und bei der Mehrzahl derselben blieb die Parese auf den Gaumen und die Accommodation beschränkt. Einen Fall habe ich sogar schon vor den oben erwähnten gesehen. Es war diess Frl. V. aus Weesp, 20 Jahre alt, die mich am 17. Juni das zweite Mal besuchte. In meinem ersten Protokolle lese ich wörtlich, wie folgt: — „Abnahme der Accommodationsbreite; Symptome, denen der Hebetudo ähnlich; Hypermetropie $= {}^1/_{40}$; sie leidet auch an Aphonie, ist sehr heiser, die Höhlungen der Nase und des Rachens communiciren permanent mit einander, — diese Symptome hatten sich nach einer Halsentzündung mit starker äusserlicher Schwellung, ohne Schmerzen, jedoch mit Fieber und Abgeschlagenheit einhergehend, entwickelt.“ Auch in diesem Falle hatte ich vorläufige Versuche in Betreff der Aussprache verschiedener Laute gemacht, und fand nach Angabe der Kranken, dass sie Schwierigkeiten bei der Aussprache des *b*, *d* und *g* am Ende der Wörter hatte. Aber zur Zeit der Untersuchung hatte ich weder den Zusammenhang zwischen der Lähmung der innern Augenmuskeln und des Gaumens, noch auch zwischen diesen beiden und der vorangegangenen Angina erkannt, — und behielt daher auch keine deutliche Erinnerung an den Fall. Gegenwärtig ist die Kranke vollkommen hergestellt, sowohl bezüglich der Sprache, als des Gesichtes, und die Hypermetropie ist ebenfalls gewichen (latent geworden). Solche Kranke wenden sich, wie es scheint, an den Augenarzt, und es

ist daher die Kenntniss dieser Fälle für ihn von Wichtigkeit. — Ungefähr um dieselbe Zeit theilte mir Dr. Fles mit, dass er in Utrecht bei einem Knaben zur Consultation beigezogen wurde, welcher nach einer (wie sich nachträglich herausstellte, diphtheritischen) Angina von Lähmung des Gaumens und der Accommodationsmuskeln, zugleich von unvollständiger Ptose des Lides und Strabismus divergens, welche Erscheinungen sämmtlich auf Lähmung des N. oculomotorius hinwiesen, befallen wurde, und bei dem zu gleicher Zeit Schwäche der Beine und der Nacken- und Kaumuskeln aufgetreten war. Es blieb nur noch die Schwäche in der Schenkelmuskulatur zurück, die übrigen Symptome der Parese waren schon wieder geschwunden.

Unter den Fällen, welche später zu mir kamen, waren viele, wo die Angina ihren Verlauf ohne bedeutende Erscheinungen genommen hatte, manche, wo dieselbe nicht als diphtheritische erkannt wurde, und dennoch die darauffolgende Accommodationsparese nach meiner Ueberzeugung über die Natur des Leidens keinen Zweifel liess. Wir finden hierin für den praktischen Arzt einen Wink, in jedem Falle von Angina eine genaue Inspection vorzunehmen, wenn auch die Symptome von geringer Wichtigkeit zu sein scheinen, und der Augenarzt versäume seinerseits nie bei Accommodationsparese sich zu erkundigen, ob Angina dem Leiden vorangegangen sei oder nicht. Es ist für ihn wichtig, diess festzustellen, sowohl in prognostischer, als in therapeutischer Hinsicht. In prognostischer Beziehung sind diese Paresen günstig; denn in allen Fällen, welche ich gesehen, ist Heilung erfolgt, — in einem Falle freilich erst zehn Monate nach dem Anfalle von Angina, durch welche Zeit die allgemeine Schwäche ebenfalls andauerte. Wir dürfen jedoch die Thatsache nicht verhehlen, dass nebst dem früher erwähnten Falle auch ein zweiter, wie wir vernahmen, zwei oder drei Monate nach dem Anfalle unglücklich endete.

Die nächste Ursache dieser Parese nach Diphtheritis ist noch nicht genügend aufgeklärt. Nebst dem contagiösen Charakter, welcher im Anfang einer Epidemie ganz deutlich hervortritt und auch mir vollkommen überzeugend erschien, zeigen auch insbesondere die darauf folgenden Lähmungserscheinungen, dass diese sogenannte Angina eine Allgemeinerkrankung ist, und es lässt sich annehmen, dass die veränderte Blutmischung einen secundären Krankheitsprozess im Centralorgane hervorruft, welcher die Ursache der Lähmungserscheinungen ist; die pathologische Anatomie muss diese Frage entscheiden. Nebstdem verdient auch die Annahme von Bretonneau Berücksichtigung, welcher die Paralyse als secundäres Symptom einer Blutvergiftung von der örtlichen Krankheit aus betrachtet, in der Art wie secundäre Erscheinungen der Syphilis eintreten. Es ist sicher bemerkenswerth, dass, seitdem eine starke Kauterisation der weissen Plaques im Rachen allgemein adoptirt wurde, das Mortalitätsverhältniss ein viel günstigeres wurde und auch die consecutiven Paresen seltener sind, — gleichsam als ob die Resorption der im localen Prozesse gebildeten Stoffe in der That schädlich einwirke.

Ich habe meine Originalabhandlung mit folgenden Worten geschlossen: „Was die Behandlung der Paralyse nach Angina diphtheritica anbelangt, lässt sich bis jetzt noch wenig sagen. Bei jeder typischen Abweichung, der wir das erste Mal begegnen, muss das Rationelle unser Führer sein. Es schien hier angezeigt, Tonica zu empfehlen, deren unser Zeitalter überhaupt bedarf. Hat auch die Erfahrung deutlich gesprochen? Ich wage nicht, diess zu behaupten.

Es wurde jedoch gefunden, dass bei nährender Diät (auf welche bei der Schwierigkeit des Kauens und Schlingens doppelte Sorgfalt zu verwenden ist), in Verbindung mit tonischen Medicamenten, in der grossen Mehrzahl der Fälle vollkommene Heilung eintrat". Ich kann jetzt hinzufügen, dass diese Annahmen sich durch spätere Fälle vollkommen bestätigten. Es geht die Störung fast jedesmal unter dem Gebrauche von schwefelsaurem Chinin und (bei normalem Zustande der Verdauungsorgane) kleiner Mengen von Schwefelsäure, manchmal auch von Eisenpraeparaten, und bei gehöriger Beaufsichtigung der Ernährung binnen einigen Monaten vorüber.

Die Erscheinungen der Parese nach Diphtheritis wurden allgemeiner Schwäche zugeschrieben. Diese Erklärung scheint mir ungenügend; schon der Umstand, dass nebst dem weichen Gaumen häufig nur die Accommodation und der Sphincter iridis leiden, muss uns zur Annahme eines speciellen Prozesses führen. Es ist wahr, dass nach beträchtlichem Blutverluste und nach erschöpfenden Krankheiten die Accommodation häufig sehr ernstlich angegriffen ist, dass dann bei den leichtesten Graden von Hypermetropie, ja selbst bei Emmetropie, Symptome der Asthenopie nicht selten sind, aber in solchen Fällen zeigt auch das gesammte übrige Muskelsystem einen entsprechenden Zustand von Schwäche. Nach Diphtheritis hingegen beobachten wir in dieser Hinsicht häufig ein Fehlen dieses Verhältnisses. Während einzelne Individuen manchmal schwach sind, fühlen sich wieder andere vollkommen wohl, haben ihre Arbeiten wieder aufgenommen und laufen stundenlang umher, während die Accommodationsparese andauert. Sie klagen einzig und allein über die Sehstörung und wenden sich wegen derselben an den Augenarzt. Weitere Aufklärung können wir nur von anatomischen Untersuchungen erwarten, zu welchen sich uns die Gelegenheit glücklicherweise nur selten darbietet.

ZWÖLFTES KAPITEL.

Accommodationskrampf.

§ 48. Myotica und Myosis.

Das Jahr 1863 hat uns in den Besitz eines Myoticums gesetzt, welches sich sogleich als der entsprechende Antagonist des besten Mydriaticums erwies. Dasselbe ist die Gottesurtheilsbohne (ordeal bean) von Alt-Calabar, von der zu den Leguminosae gehörigen Pflanze Physostigma venenosum (Balfour) herstammend. Dieses Mittel hat sämmtliche früher versuchten oder als solche empfohlenen Myotica mit einem Schlage ausser Dienst gesetzt. Die von demselben bereiteten Praeparate, so weit sie mir bekannt und zugesendet wurden, sind — ein dunkelbrauner alkoholischer Extract, zwei Arten von Papier, ein braunes und ein violettes (nach Streatfeild's Angaben bereitet), und Gelatinpapier, und zwei Lösungen des Extractes in Glycerin, eine schwächere *c* und eine stärkere *c'*. Die letztere führt die Aufschrift: „1 Minim equal to 4 grains of Bean".

Unter den hauptsächlichen Erscheinungen, welche nach Einwirkung dieser Agentien auf die Bindehaut auftreten, sind die Verengerung der Pupille und der Accommodationskrampf die hervorragendsten.

Der erste Effect unmittelbar nach der Anwendung ist eine kurz andauernde Reizung, hierauf folgen nach Verlauf von vier Minuten leichte Krämpfe im untern Augenlide; sodann Verengerung der Pupille und fast gleichzeitig der Accommodationskrampf.

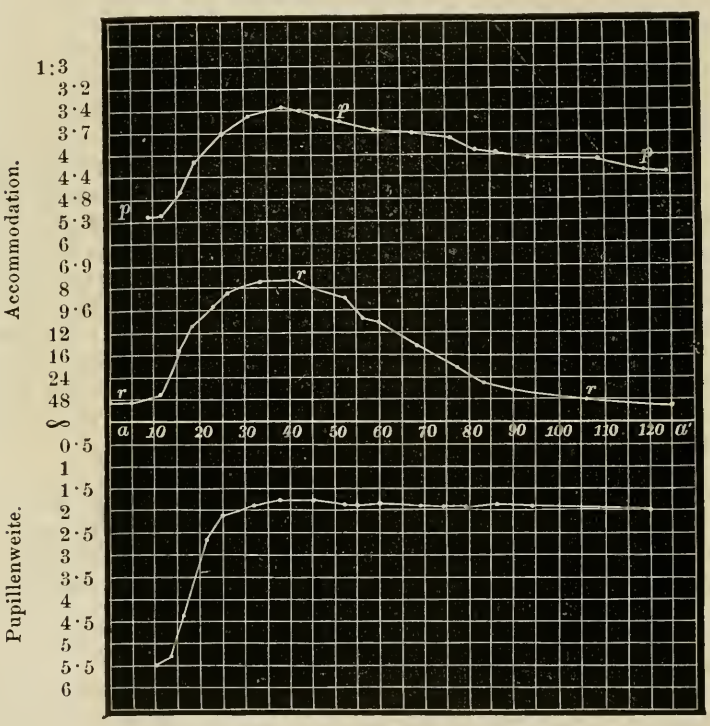
Die Contraction beginnt auf eine genügende Gabe ($^1/_4$ Tropfen von *c'*, rein oder mit Wasser verdünnt) nach fünf bis zehn Minuten, erreicht ihr Maximum in dreissig bis vierzig Minuten, bleibt auf demselben nur kurze Zeit, nimmt nach drei Stunden langsam ab und verschwindet nach zwei bis vier Tagen vollständig, ja wird selbst zuweilen durch eine geringe Erweiterung ersetzt. Der ganze Prozess ist daher rascher, als beim Atropin, wahrscheinlich in Folge der grössern Imbibitionsfähigkeit. Die beigefügten Figg. 171 und 172 (vergl. jene über die Wirkung des Atropins pp. 494 und 495) zeigen den Verlauf der Contraction bei Herrn Hamer. Fig. 171 erstreckt sich auf zwei Stunden, Fig. 172 auf drei Tage. Die Wirkung war mässig stark und fast schmerzlos. Ich maass die Pupille mit dem Ophthalmometer bei gleichbleibender Beleuchtung und leitete die ganze Untersuchung. In

Bezug auf die Contraction und die mit ihr in Verbindung stehenden Erscheinungen ist zu bemerken: —

a. Der Durchmesser der Pupille wird noch kleiner ($1^1/_2$ bis 2^{mm}), als er im normalen Zustande beim stärksten Lichte, das ertragen werden kann, und bei der kräftigsten Accommodation ist (v. Graefe).

b. Der Einfluss des Lichtes auf die Pupille hört jedoch nicht auf; man kann an sich selbst insbesondere die consensuelle Contraction beobachten, indem man durch Schliessen und Oeffnen des andern Auges (vergl. p. 167), wie diess v. Graefe that, die entoptische Methode in Anwendung zieht. Die Be-

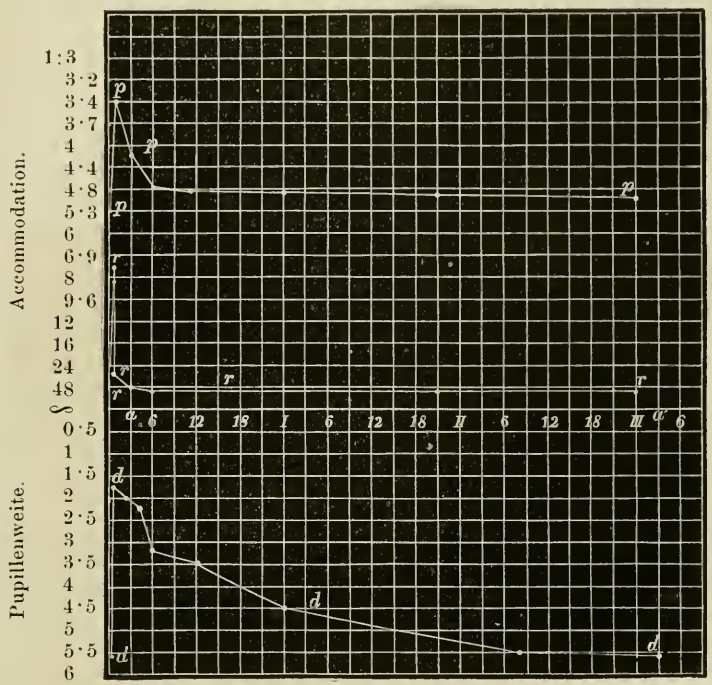
Fig. 171.



wegungen sind träge, die consensuelle Contraction dauert drei, die consensuelle Dilatation vier Secunden (vergl. p. 483). Ueberdiess erscheint die Pupille zu gleicher Zeit etwas eckig. Sie ist in der Mitte wie ein Flor, und hat im Bilde einen ziemlich scharf umschriebenen, viel stärker beleuchteten diffusen Rand (Fig. 173 *A*), welcher bei consensueller Contraction breiter wird (*B*), und eine dunkelgrüne Farbe zeigt, während die Mitte der Fläche gelb ist. (Bei der entoptischen Untersuchung wird die Figur umgekehrt gesehen, sie ist jedoch in der Figur 173 aufrecht gezeichnet und gibt daher die wahre Form der Pupille des linken Auges).

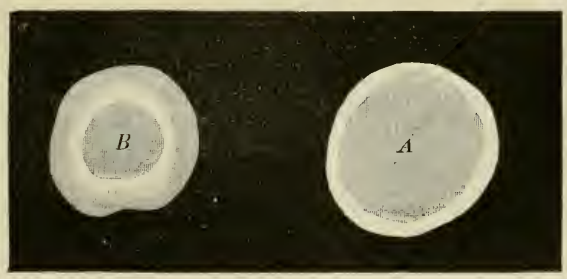
c. Besonders im Beginne der Contraction zeigen sich im Durchmesser der Pupille unwillkührliche, krampfhafte Schwankungen.

Fig. 172.



d. Die Beleuchtung der Objecte ist schwach, mit einer ungewöhnlichen, bräunlichen Farbe (Bowman). Der Eindruck ist ähnlich dem bei Sonnenfinsternissen, wo trotz des Sonnenscheines mit seinen gewohnten, stark con-

Fig. 173.



trastirenden Schatten die Beleuchtung ungewöhnlich schwach erscheint. War die Einträufluug nur an einem Auge vorgenommen worden, so kann man den

Unterschied in der Beleuchtung am besten ersichtlich machen, indem man das Bild durch ein Prisma verdoppelt (vergl. p. 113).

e. Die Zerstreuungskreise eines Punktes, welcher jenseits der Grenze des deutlichen Sehens gelegen ist, werden kleiner, je enger die Pupille ist, und das Sehen wird daher jenseits der Grenzen der Accommodation viel weniger diffus.

f. Nach dem Verschwinden der Myose wird die Pupille manchmal etwas weiter, als zuvor.

Der Accommodationskrampf wird aus der veränderten Position, sowohl des Fernpunktes (Figg. 171 und 172 *r r*), als auch des Nahpunktes (*p p*) des deutlichen Sehens, welche oberhalb der Abscisse *aa'* gezeichnet sind, ersichtlich. Die bezeichneten Curven zeigen den gesammten Verlauf beider Punkte.

Wir haben überdiess noch Folgendes zu bemerken:

a. Bei der Bestimmung des Fernpunktes treten von Zeit zu Zeit klonische Accommodationskrämpfe auf, so dass Objecte, mit demselben Glase (in der Ferne) angesehen, abwechselnd deutlich und verschwommen erscheinen. Die Punkte der Curve *r r* entsprechen den Momenten der Relaxation. Eine Stunde nach Anwendung des Myoticums steht die Accommodation wieder vollständig unter der Herrschaft des Willens. Die Curve *r r* zeigt ferner, dass bei einer geringen Dose, wo jede Beschwerde fehlt, der Fernpunkt sich noch von 56″ bis auf 7″.3, d. i. nahezu bis auf zwei Drittel der ursprünglich vorhandenen, absoluten Accommodationsbreite genähert hat.

b. Die Bestimmung des Nahpunktes wurde mit den vollständigsten, optometrischen Instrumenten ausgeführt. Der Verlauf der Punkte, wie ihn diese zeigen, ist sehr befriedigend. Bei einem frühern Experimente von Herrn Hamer war die Wirkung nach der Anwendung eines zu stark imprägnirten Calabarpapieres um Vieles heftiger, die schmerzhaften Krämpfe dauerten mehr als sechs Stunden und der Schmerz steigerte sich beim Bestreben zu accommodiren so sehr, dass der Versuch den Nahpunkt zu bestimmen aufgegeben werden musste.

c. Die Figuren zeigen, dass bei Abnahme der Wirkung die Accommodationsbreite absolut zunimmt, und zwar sehr beträchtlich nach ungefähr 100 Minuten (Fig. 171), und dass diese Zunahme sich nur langsam verringert (Fig. 172). Bei einer früheren Untersuchung wurde ebenfalls eine vermehrte Accommodationsbreite im Beginne der Wirkung gefunden, indem in der ersten Periode der Einfluss auf den Nahpunkt grösser war, als der auf den Fernpunkt. In der durch Fig. 171 dargestellten Beobachtung fand eher das Gegentheil statt.

d. Die bedeutende Wirkung auf die Accommodation bei geringem Willensimpulse ist sehr wichtig. Diess wird noch dann gefühlt, wenn der Fernpunkt wieder nahezu in seine ursprüngliche Lage zurückgekehrt ist; 105 Minuten nach der Application liegt der Punkt des deutlichen Sehens bei einer Convergenz auf 10″ für das rechte Auge naturgemäss in 10″, für das linke hingegen in 4″.5, beinahe den Nahpunkt erreichend; nach Verlauf von drei und einer halben Stunde liegt der genannte Punkt bei gleicher Convergenz in 5″.6, nach nahezu sieben Stunden in 6″.2, und nach etwas mehr als elf Stunden in 8″.3; — und solange die Accommodationsbreite im linken Auge grösser bleibt, lässt sich auch bei gleicher Convergenz beider Augen einige

Differenz in der Accommodation nachweisen. (Es wurde bestimmt, welches negative Glas für das Auge, dem die Lösung eingeträufelt wurde, nöthig sei, um beim Sehen auf 10″ und beim raschen, abwechselnden Vorhalten der Hand vor jedes der Augen, gleiche Schärfe der Buchstaben und der Optometerdrähte in beiden Augen zu erhalten). Die relative Accommodation hat sich so der der Hypermetropie genähert, d. h. es ist viel Accommodation bei geringer Convergenz vorhanden, — das Gegentheil dessen, was wir beim Einflusse des Atropins gefunden.

e. In dem unter *d* beschriebenen Zustande bietet die Bestimmung des Nahpunktes mit horizontalen und verticalen Linien mehr Verschiedenheit dar, als gewöhnlich (Bowman). Dieser anscheinend erhöhte Astigmatismus hängt sicherlich zum Theile von der grössern Differenz im Refractionszustande in Folge der verschiedenen Convergenz ab (vergl. p. 381).

f. So lange bei einer gewissen Anstrengung die Accommodation für eine kürzere Entfernung als gewöhnlich Platz greift, erscheinen die Objecte grösser (Makropia), sowie sie im entgegengesetzten Falle (vergl. p. 496), kleiner erscheinen (Mikropia).

g. Die vermehrte Refraction während des Nachlasses dauert gewöhnlich in wahrnehmbaren Grade nur eine Stunde. Bei einer sehr starken Gabe, welche andauernden und heftigen Schmerz verursacht, kann sie mehrere Stunden dauern. Mit einer kleinen Gabe kann beträchtliche Contraction der Pupille, ohne irgend einen wahrnehmbaren Einfluss auf die Accommodation, erhalten werden.

Endlich müssen wir noch anführen, dass nach v. Graefe, 1. die Sehschärfe manchmal abnimmt, insbesondere während der Entwicklung des Krampfes, und wahrscheinlich in Folge der ungenügenden Stabilität der Accommodation, aber jedenfalls unabhängig von dem durch die Verengerung der Pupille erzeugten Lichtmangel; 2. dass auch bei Mangel der Iris der Einfluss auf die Refraction und Accommodation derselbe bleibt.

Die Wirkung des Calabars ist nicht bei allen Thieren gleich gross. In dieser Beziehung bietet es viel Analogie mit der Belladonna dar, insoferne beim Menschen, wie auch beim Hunde und bei der Katze, schon durch kleine Gaben ein hoher Grad von Myose erreicht wird, während beim Kaninchen, sowie bei Vögeln, und insbesondere bei Amphibien und Fischen eine geringere Wirkung beobachtet wird. Mit einer stärkeren Gabe jedoch, als die wir bei Menschen anwenden können, wird bei diesen Thieren eine noch stärkere Myose erzielt (v. Graefe). Unbeweglichkeit der Pupille konnten wir nie erlangen.

In Bezug auf die Art der Wirkung führten ähnliche Versuche, wie bei den Mydriaticis, auch zu ähnlichen Schlüssen. Von dem Uebergange in den Humor aqueus jedoch konnte sich v. Graefe nicht direct durch eine myotische Wirkung der ins Auge eines andern Thieres vorgenommenen Einträuflung überzeugen. — Diese Wirkung wird jedoch erzielt, wenn nach wiederholter starker Application die entleerte Flüssigkeit lange Zeit mit dem Auge, in das sie geträufelt wird, in Berührung erhalten bleibt.

Wir haben uns auch speciell mit der Untersuchung der Frage beschäftigt, welche Nerven bei der Wirkung des Calabars betheiligt seien.

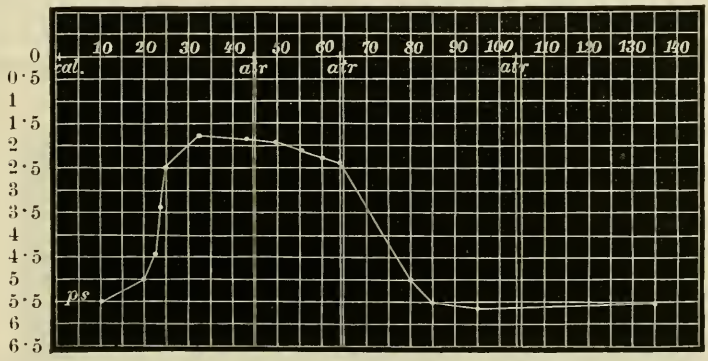
Es unterliegt keinem Zweifel, dass ein Krampf des Musc. sphincter pupillae auftritt. Und wirklich zeigt der hohe Grad der Contraction, dass eine

Lähmung des Dilatators allein zur Erklärung derselben nicht genügt, und die erhöhte Refraction, mit welcher eine kräftigere Wirkung der Accommodationsmuskeln verbunden ist, setzt eine krampfhafte Contraction des Sphincter pupillae vollkommen ausser Zweifel, da dieser Sphincter von demselben Nerven, wie der Ciliarmuskel versorgt wird, und in seiner Wirkung mit ihm associirt ist; überdiess nimmt nach unsern Versuchen an Kaninchen nach Durchschneidung sowohl des Sympathicus, als des Trigeminus die Contraction der Pupille unter dem Einflusse des Calabars noch beträchtlich zu. Der in Betracht gezogene Nerv ist der Nervus oculomotorius, noch specieller, die kurze Wurzel, welche dieser Nerv zum Ciliarganglion entsendet. Es widerspricht unserer Vorstellung über die gleiche Natur aller Nervenfasern, dass eine specifische Substanz, wie das Calabar, auf einige Fasern einen lähmenden, auf andere einen erregenden, und noch mehr, einen tonisch erregenden Einfluss haben könne. Wir ziehen es daher auch in diesem Falle vor (vergl. p. 498), eine Wirkung auf specifische Nervenzellen, die im Auge selbst ihren Sitz haben, anzunehmen. Durch einen erregten Zustand dieses innern Ciliarsystemes ist jedoch, wie wir gesehen haben, eine vermehrte willkührliche sowohl, als Reflexaction nicht ausgeschlossen, — ganz analog der Wirkung des Strychnins auf die willkürlichen Muskeln.

Es ist nicht ganz so leicht zu zeigen, in wie weit das Calabar auch auf den Dilatator (resp. die Gefässmuskeln) Einfluss ausübt. Zunächst gibt es sicherlich nicht Veranlassung zu vollständiger Lähmung dieses Muskels, denn bei Kaninchen und Hunden bringt die Reizung des Sympathicus nach lange dauernder und häufiger Anwendung des Calabars noch immer einige Erweiterung der Pupille hervor. Wir führten unter anderm folgendes Experiment aus: — Der Nervus trigeminus der linken Seite wurde durchschnitten, — es erfolgte Unempfindlichkeit des Auges und Contraction der Pupille; der Cervicaltheil des Sympathicus derselben Seite wurde nun dreimal gereizt, — jedesmal zeigte sich Erweiterung der Pupille; er wurde dann durchschnitten, — die Pupille erschien noch immer mehr contrahirt, als vor der Reizung; beide Augen wurden lange Zeit mit Calabar (ein Drittel eines Tropfens von c') in Berührung gelassen, — nach acht Minuten begann Contraction, nach fünfzehn Minuten war sie am stärksten, und zwar auf der linken Seite; nach Verlauf von achtzehn Minuten traten Krämpfe in den Extremitäten, Athembeschwerde, Suffocationserscheinungen auf; es wurde künstliche Respiration eingeleitet und erhalten, — vier Minuten später erfolgte unter leichten Krämpfen der Beine der Tod; der Sympathicus wurde wieder gereizt, — es trat noch immer Erweiterung der Pupille ein. Es ist daher nach langsamem Tode in Folge der Vergiftung durch eingeträufeltes Calabar der Nervus sympathicus im Auge noch erregbar. Uebereinstimmend damit ist die Thatsache, dass nach Durchschneidung des Halstheiles des Sympathicus, vor oder nach der Anwendung des Calabars auf beiden Seiten, die Pupille jener Seite, wo der Nerv durchschnitten wurde, enger erscheint. — Wir vermutheten, dass die Wirkung des Calabar's in Fällen von Lähmung des Nervus oculomotorius die Sache noch mehr aufhellen würde. Von verschiedenen Seiten wurde die Beobachtung gemacht, dass diese Lähmung die myotische Wirkung des Calabars nicht behindert. In einem Falle, wo bei der gewöhnlichen Untersuchung die Pupille absolut unbeweglich erschien, bemerkten wir noch einige Beweglichkeit

bei stark einfallendem Lichte während der Beobachtung mit dem Ophthalmometer; die Lähmung war daher nicht vollständig, und wir standen in Folge dessen von einer Untersuchung, welche keine sicheren Resultate erwarten liess, ab. In einem zweiten Falle, bei einer 32-jährigen Dame, bestand absolute Paralyse des ganzen rechtsseitigen Nervus oculomotorius, welche sich in den letzten sechs Wochen allmählig entwickelt hatte, nachdem wiederholt Kopfschmerzen, häufig mit Rothlauf der rechten Gesichtshälfte verbunden, vier Jahre hindurch vorangegangen waren. In diesem Falle hatte das stärkste einfallende Licht auf einem oder auf beiden Augen keine Contraction der Pupille zur Folge. Das in Anwendung gezogene Calabar (Extract) jedoch brachte Contraction hervor, und zwar ebenso stark wie gewöhnlich, so wie es die beifolgende Figur (174) zeigt, und es erhöhte zugleich um etwas die Refraction. Wir waren nun wohl in so ferne enttäuscht, als die beträchtliche Contraction nichts in Betreff des Einflusses des Nervus sympathicus lehrte, da jedenfalls zu gleicher Zeit auch ein Krampf des Sphincter pupillae in Wirksamkeit war. Aber solch ein localer Krampf, bei vollständiger Paralyse des ganzen Oculomotorius-Stammes, ist immerhin eine wichtige Erscheinung, weil die tonische Wirkung der intraoculären Nervenfasern dadurch näher erwiesen und die weitere Dilatation der Pupille durch Belladonna in solchen

Fig. 174.



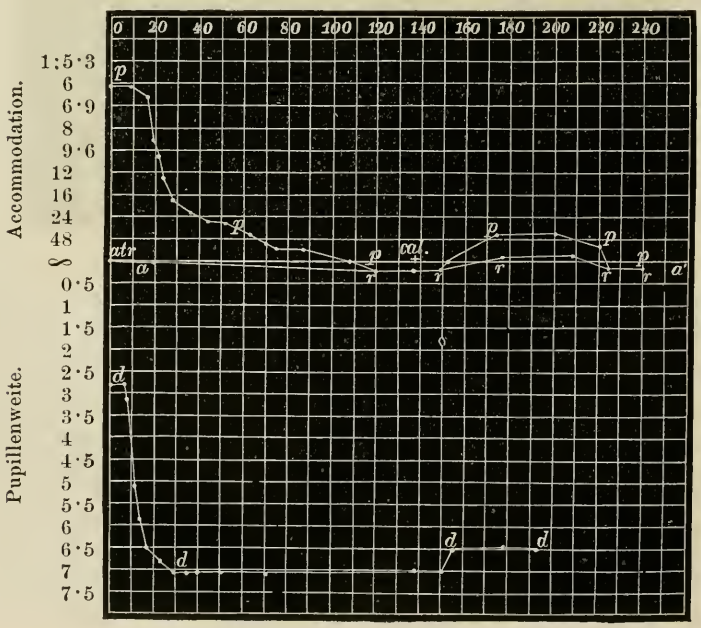
Fällen einfach durch paralysirende Wirkung auf den N. oculomotorius begreiflich wird. — Indessen ist es anderer Gründe halber nicht unwahrscheinlich, dass Calabar die Action des Sympathicus, wenn nicht lähmt, so doch wenigstens herabsetzt. Es ist in der That, wenn die Accommodation durch eine mässige Wirkung des Calabars nur höchstens zur Hälfte in tonische Spannung gebracht wird, die Pupille bereits enger, als bei intensiver Beleuchtung und starker Accommodation; und diese halbe Wirkung tritt ein, ohne dass der Sphincter, welcher noch fortfährt für Reflex- und Accommodationsimpulse empfänglich zu sein, das Maximum seiner Thätigkeit erreichte; eine so kräftige Contraction scheint ohne Herabsetzung der Wirksamkeit des Dilatator kaum erklärlich. Auch den Umstand, dass die Contraction der Pupille einige Tage lang in einem um so Vieles höhern Grade anhält, als der Accommodationskrampf, könnte man für eine verminderte Action der Radiärfasern und

folglich für einen lähmenden Einfluss des Calabars auf den Sympathicus geltend machen.

Eine augenscheinliche, specielle Wirkung auf den Trigeminus wurde nicht bemerkt; wir beobachteten blos, dass an der Seite, wo der Trigeminus durchschnitten wurde, die Wirkung des Calabars nicht minder deutlich auftrat, wie auf der andern Seite.

Der Kampf zwischen Atropin und Calabar, wenn beide gleichzeitig oder bald nacheinander angewendet werden, ist interessant. Werden beide gleichzeitig angewendet, so tritt zuerst einige Contraction der Pupille und Accommodationskrampf, als Wirkung des Calabars, auf. Der Accommodationskrampf dauert noch an, wenn die Wirkung des Atropins die Oberhand über die Iris gewinnt, und die Pupille in Folge dessen sich erweitert. Insbesondere hat v. Graefe untersucht, wie die Wirkung des Calabars, wenn es nach Atropin angewendet wird, eingeschaltet werden kann. Er zeigte, dass bei schwacher Wirkung des Atropins und in der Periode der Abnahme seiner kräftigen Wirkung, das Calabar die Pupille vorübergehend zu verengern und die Refraction zu erhöhen vermag, und dass nach Aufhören dieser Erscheinungen der langsamere Atropinprozess wieder seinen gewöhnlichen Verlauf nimmt. Uns war es besonders darum zu thun, festzustellen, ob bei vollkommener Atropinparalyse des Sphincters und der Accommodationsmuskeln eine kräftige Anwendung des Calabars noch Einfluss habe, und wir fanden, dass diess wirklich sehr deutlich der Fall sei, und beobachteten überdiess, dass der Einfluss auf die Refraction und Accommodation noch grösser war, als auf den Durchmesser der Pupille. Fig. 175, welche eine am Auge des Marinearztes Müller gemachte

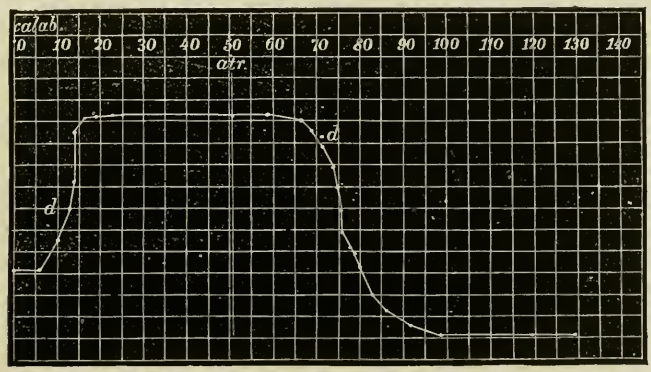
Fig. 175.



Beobachtung wiedergibt, liefert uns ein Beispiel davon; 137 Minuten nach Anwendung des Atropins, während p und r zusammenfielen (in der Figur durch ein Kreuz bezeichnet), wurde Calabar eingeträufelt — und zehn Minuten später nimmt die Refraction zu (rr), es zeigt sich wieder Accommodation ($p\,p$) und gleichzeitig ist der Durchmesser der Pupille um ein Weniges kleiner. Bei einem zweiten, ebenfalls sehr geübten Beobachter (Marinearzt van Leent) war die Wirkung des Calabars am ersten, besonders aber am zweiten Tage nach erneuerter Application des Atropins eine noch viel stärkere. Obgleich sich die Pupille nur wenig zusammenzog, konnte er doch jedesmal nach einiger Ruhe durch einige Minuten Nr. $1^1/_2$ der Snellen'schen Schriftproben auf 12″ lesen; sein Nahpunkt wurde in der That in 14″ bis 16″ gefunden, während bei entspannter Accomodation seine gewöhnliche leichte Hypermetropie einer emmetropischen Einstellung gewichen war. In diesen drei genau untersuchten Fällen war nach Aufhören der Calabarwirkung die des Atropins noch durch vierzehn Tage und länger an der weitern Pupille erkennbar, — was an und für sich einen Beweis liefert, dass das Mydriaticum kräftig angewendet wurde. Daraus erhellt, dass die durch ein specifisches Agens erzeugte Paralyse durch die Wirkung eines andern specifischen Agens überwunden werden kann, und zwar sogar in solchem Grade, dass der Wille wieder wirksam wird.

Die nachfolgende Figur 176 zeigt den Einfluss des Atropins auf die Pupille, fünfzig Minuten nach Anwendung des Calabars; die vollständige

Fig. 176.



Erweiterung der Pupille tritt augenscheinlich etwas langsamer ein. Etwas über drei Stunden später wird bei demselben Individuum (Dr. Leent) abermals Calabar eingeträufelt. Die vorhandene Hypermetropie von $^1/_{60}$ verschwindet vollständig; es tritt für eine kurze Zeit krampfhafte Myopie auf, sowie auch bei Convergenz unzweifelhafte Accommodation, welche jedoch, wie in den frühern Fällen, nicht ganz unter der Herrschaft des Willens steht, und nach einigen Augenblicken ermüdet. Die Pupille wird gleichzeitig etwas enger, $= 6{\cdot}75$. Am folgenden Tage ist H wieder $= {}^1/_{60}$, die Pupille etwas beweglich; am siebenten Tage ist die Pupille $= 6{\cdot}35$, und erst am siebenzehnten Tage sind beide Pupillen gleich weit, $= 4{\cdot}37$ — und also enger, als im Beginne.

Es erschien selbstverständlich, dass nach der Entdeckung der physiologischen Wirkung des Calabars dieses Agens auch bei verschiedenen krankhaften Zuständen versucht wurde. Vor Allem fand man es nützlich zur Verminderung der Unbequemlichkeiten der Atropinparalyse, und es kann nach v. Gräfe die Wirkung des Atropins durch systematische Anwendung des Calabars allerdings abgekürzt werden. In wie weit es möglich wird, bei Accommodationsparalyse und bei Mydriasis vollständige Heilung oder doch andauernde Besserung durch die Anwendung des Calabars, wie es Robertson schon in Vorschlag gebracht hat, zu erzielen, kann nur die Erfahrung lehren.[1])

Sicher ist es aber von Wichtigkeit, dass bei gewöhnlicher Accommodationslähmung, sie sei für sich bestehend oder mit anderweitiger Oculomotoriuslähmung combinirt (bei cerebraler Mydriasis fehlt jeder Einfluss des Calabars), die Pupille durch Calabar enger und die Refraction erhöht wird; bei einem Falle von einseitiger Accommodationsparese, welchen ich beobachtete, und bei welchem das binoculäre Sehen bedeutend beeinträchtigt war, wurde die Störung durch eine mit acht Theilen Wasser verdünnte Glycerinlösung, blos einmal täglich angewendet, vollständig behoben. Die mit der schwächern Wirkung des Calabars verbundene Myose kann auch oft in solchen Fällen von Nutzen sein, wo ein stenopäischer Apparat das Sehen verbessert (vergl. pp. 109 et seq.), nämlich bei Diffusion des Lichtes (Trübungen der Cornea, etc.), bei irregulärem Astigmatismus (Keratokonus, Luxation der Linse, etc.); (vergl. pp. 465 et. seq.), ferner bei Aphakie, insbesondere, wenn die Pupillarebene nicht rein ist. Die Verbesserung der Sehschärfe bei gewöhnlicher Ametropie ist in der That merkwürdig; Myopen unterscheiden bei sehr schwacher Calabareinwirkung in der Ferne viel genauer, und Hypermetropen, die den doppelten Vortheil kleinerer Zerstreuungskreise und erleichterter Accommodationsspannung geniessen, verlieren für einige Zeit ihre Asthenopie. — Eine wichtige Frage, welche die Praxis zu entscheiden hat, ist, ob das Calabar andauernd gebraucht, für die Accommodation so unschädlich ist, wie das Atropin, und ob die Conjunctiva die wiederholte Anwendung desselben für die Dauer gut verträgt. Bevor diese Punkte nicht entschieden sind, kann die Zukunft des Calabars als therapeutisches Mittel nicht vorhergesagt werden.

Ich habe nur noch hinzuzufügen, dass v. Graefe die Verengerung der Pupille durch Calabar mit Vortheil bei Glaukom angewendet hat, um die Ausführung der Iridectomie zu erleichtern, und dass nach seiner Meinung eine unterbrochene Anwendung des Calabars wahrscheinlich zur Zerreissung von Synechien beitragen dürfte.[2])

---

[1]) Die bisher angestellten Versuche haben fast überall ein negatives Resultat ergeben. Doch ist dabei zu bemerken, dass dieselben mit Dosen angestellt wurden, welche jedesmal nach der Anwendung eine sichtbare Contraction der Pupille zur Folge hatten. Zu versuchen wäre, ob nicht analog dem Vorschlage, welchen Dr. Benedikt für die Anwendung des constanten Stroms bei der Behandlung der Mydriasis gemacht hat, eine Wirkung zu erzielen wäre, wenn man so kleine Dosen wählte, dass eine unmittelbar sichtbare Wirkung nicht eintritt, sondern nur ein Reiz auf den Nerven ausgeübt würde. B.

[2]) Was v. Graefe vermuthungsweise ausgesprochen, hatte ich schon früher (vergl. Wiener medicin. Jahrb. 1866. Heft 4, p. 38) mit Glück ausgeführt. Bedingung eines günstigen Erfolges ist, dass die Iris ziemlich peripher angelöthet ist. B.

Der Abgang eines kräftigen Myoticums war lange Zeit in der ophthalmologischen Chirurgie fühlbar. Je länger es dauerte, bis ein solches Mittel entdeckt wurde, desto schwächer musste auch die Hoffnung werden es überhaupt zu finden. Es ist wahr, dass jenen Agentien, welche früher in diese Kategorie gestellt wurden, nicht alle myotische Wirkung abgesprochen werden kann, sie sind: Semen Santonicum (Himly), Daphne Mezereum (Hahnemann), Nicotiana Tabacum (Heise), Aconitum Napellus, Secale cornutum etc.; aber die reizende Wirkung dieser Mittel genügt schon, ihre Anwendung in der Praxis zu verbieten. Zu demselben Schlusse kam ich mit Dr. Kuyper (l. c.) bei einer systematischen Untersuchung mit Nicotin, Coniin, Extractum Aconiti und Digitalin; und Ad. Weber (Verhandlungen der vom 3. bis 6. Sept. 1859 in Heidelberg versammelten Augenärzte, Berlin. 1860) musste die unvorsichtige Anwendung des Digitalins an seinem eigenen Auge mit den Schmerzen einer Keratitis bezahlen. Frische Tabakblätter schienen etwas besser vertragen zu werden. Endlich war eine subcutane Injection von Morphin, in welchem Mittel v. Graefe (Deutsche Klinik, 20. April 1861) ein ziemlich kräftiges Agens nicht allein für die Verengerung der Pupille, sondern auch für die Erhöhung der Refraction gefunden hatte, ebenfalls für den speciellen Zweck nicht anwendbar. — Im Calabar scheint uns das erwünschte Mittel endlich geboten zu sein. Die allgemeine Wirkung der Gottesurtheilsbohne wurde schon von Dr. Daniell (1846) und eingehender noch von Christison (1855) studirt; van Hasselt hatte schon 1856 gefunden, dass Myose eines der Hauptsymptome bei der Allgemeinwirkung sei, als Thomas Fraser (Dissert. inaug. vertheidigt in Edinburgh am 31. Juli 1862) entdeckte, dass die locale Anwendung derselben die Pupille contrahire und Myopie hervorbringe, und Dr. Argyll Robertson (Edinburgh Medico-Chirurgical Society, 4. Februar 1863) ihren Einfluss auf die Accommodation näher studirte und das Calabar als neues Mittel in die ophthalmologische Praxis einführte. Hierauf folgten Untersuchungen von Harley (vergl. Medic. Times and Gazette, 20. Juni 1863) insbesondere in Bezug auf seine Allgemeinwirkung, mit einigen Zusätzen von Dr. Hulke; ferner von Bowman und von Soelberg-Wells (Medical Times and Gazette, 16. Mai 1863), endlich von v. Graefe (Deutsche Klinik, 1863 N. 29 und Arch. für Ophth. B. X), Hamer (Geneeskundig Tijdschrift, Juli 1863), Rosenthal (Archiv für Anat. und Phys., Jahrgang 1863) und Schelske (Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde 1863, p. 380), und ich habe die Untersuchungen im Vereine mit Hrn. Hamer fortgesetzt. Unsere Absicht war, den vorhergegangenen, schätzbaren Untersuchungen folgend, mehr durch Genauigkeit, als durch Anzahl der Experimente unsere Kenntnisse über dieses wichtige Agens etwas zu vermehren. Die hauptsächlichen Ergebnisse unserer Forschungen finden sich auf den vorangegangenen Seiten angegeben.

Nachzutragen ist noch, dass Benno Buete (Arch. f. Heilk. V. 2. p. 174. 1864) nachgewiesen hat, dass der Humor aqueus eines calabarisirten Kaninchenauges an einem anderen Auge ebenfalls Verengerung der Pupille hervorruft.

Neuerdings ist von zwei Seiten das Alcaloid der Calabarbohnen dargestellt worden. Jobst und Hesse in Stuttgart haben aus dem alcoholischen und ätherischen Auszuge der Bohne ein jedoch noch nicht vollkommen reines, in Wasser schwer, in Alcohol leicht lösliches Alcaloid, Calabarin oder Physostigmin, dargestellt. Mit diesem Physostigmin sind die früher mit dem Extract angestellten Versuche wiederholt worden, und zwar von Tachau in Zürich (Arch. f. Heilk. VI. 1. p. 69. 1865) in Bezug auf seine Allgemeinwirkungen, und von Fronmüller (Deutsche Klinik 1864. 32 und 33.) speciell in Bezug auf das Auge. Aus letzteren geht hervor: 1. dass das Alcaloid dreimal stärker wirkt, als das bisher gebräuchliche Extract, ohne die Bindehaut mehr zu reizen; 2. dass bei einer Mischung von 1 Theil Physostigmin und 20 Theile Atropin die Wirkung des letztern noch sichtlich überwiegt, so dass Atropin etwa 30mal kräftiger wirkt, als Physostigmin. Ferner ist von A. Vée (Sur l'ésérine, alcaloide nouveau, extrait de la féve du Calabar. Union méd. 1865. Nr. 43) ein Stoff aus der Calabarbohne dargestellt, den er Eserin nennt, dem er die Eigenschaften eines festen, crystallinischen Alcaloids zuschreibt, und das ganz wie Calabarbohne wirkt.

§ 49. Accommodationskrampf. — Myosis. — Schmerzhafte Accommodation.

Wir müssen verschiedene Formen von Accommodationskrampf unterscheiden. Die am häufigsten vorkommende ist nichts anderes, als ein erhöhter Tonus der bei der Accommodation betheiligten Muskeln. Bei gesunden, emmetropischen Augen ist, wenn wir die ausserordentlich geringe Verminderung der Refraction bei Atropinlähmung in Betracht ziehen, der Tonus unzweifelhaft sehr unbedeutend. Andererseits haben wir bei Hypermetropie eine constante Spannung gefunden, welche den bestehenden, abnormen Refractionszustand ganz oder zum Theile verdeckt; dieselbe kann nur in Folge der Accommodation bestehen, und muss folglich aufhören, sobald das Atropin seinen paralysirenden Einfluss ausübt. Die vermehrte Spannung ist hier das natürliche Ergebniss der permanenten Anstrengung, die bestehende Refractionsanomalie zu überwinden. Bei Amblyopischen und Astigmatikern, wo dieselbe ebenfalls manchmal auftritt, ist sie erklärlich durch das anhaltende Bestreben, für den Nahpunkt zu accommodiren und so die kleinen Objecte unter einem grössern Winkel zu sehen. Weniger einleuchtend ist es, wie auch Myopen einen tonischen Accommodationskrampf erwerben. Wir haben indess schon beobachtet, dass diess, insbesondere im Zustande der Reizung, nicht selten der Fall ist. Dr. Fles theilt mir mit, und ich bin gerne bereit es zu glauben, dass er diesen Zustand in vielen Fällen bei jungen Individuen, insbesondere bei Knaben, welche für eine der Militärschulen die Vorbereitungsstudien gemacht hatten, gefunden habe. Es mag theils Reizung des Auges, welche auf das Accommodationssystem zurückwirkt, theils übermässige Accommodationsspannung während andauernder Arbeit, insbesondere bei unzureichender Beleuchtung, die Ursache dieses Krampfes sein. Die Atropinlähmung verräth uns jedesmal das Bestehen dieses Leidens. Ich habe bei kleinen Kindern unter diesen Umständen selbst Hypermetropie an die Stelle leichter Grade von Myopie treten sehen, so ausserordentlich empfindlich ist bei ihnen das Spiel der Accommodation.

Der tonische Krampf, von welchem wir eben sprachen, gewinnt nur selten grössere pathologische Bedeutung. Bei Myopen haben wir unsre Aufmerksamkeit nur auf die begleitenden Reizungssymptome zu richten, und bei Hypermetropie müssen wir den Zustand kennen, um mit Rücksicht auf ihn die optische Behandlung zu leiten.

Wir müssen hier unsre Leser abermals daran erinnern, dass v. Graefe dort, wo ein Bestreben bestand, die Accommodation zu entspannen, zuweilen das Vorhandensein einer unwillkürlich erhöhten, und folglich krampfhaften Action festgestellt zu haben glaubt (Myopia in distans, vergl. p. 294), und dass einige sehr schwach myopische Individuen, welche sich bestrebten, ohne Concavglas den Augengrund im aufrechten Bilde zu sehen, sich bei mir über etwas Aehnliches beklagten. Hierher gehören auch die Beobachtungen, welche v. Jaeger zur Annahme seiner Plesiopie geführt haben mögen (vergl. p. 296). Vorübergehend kommt ein solches Hereinrücken des Fernpunktes in Folge dauernder Accommodationsanstrengung allerdings vor.

Ueber das acute Auftreten von Myopie, wobei sich die Vermuthung eines Accommodationskrampfes natürlicher Weise aufdrängt, finden wir bei älteren

Schriftstellern einige Beispiele aufgeführt, welche Ruete [1]) gesammelt hat. Ich bin jedoch nicht überzeugt, ob in diesen Fällen irgend etwas anderes, als Amblyopie vorhanden gewesen sei. Es wurde oft, wenn bei Vorhandensein von Amblyopie kleinere Gegenstände, z. B. Buchstaben, nur in der Nähe erkannt werden konnten, Kurzsichtigkeit als vorhanden angenommen. Ueberhaupt wurde bei den frühern Beobachtungen die Bestimmung des Fernpunktes, wodurch allein die Gegenwart von Myopie mit Sicherheit nachgewiesen werden kann, vernachlässigt. Acuter Accommodationskrampf, wie solcher z. B. durch Calabar erzeugt wird, ist unzweifelhaft sehr selten. Ich selbst habe nie einen unzweifelhaften Fall gesehen, und diess mag meinen Skepticismus entschuldigen. Meine Aufgabe beschränkt sich darauf, jene wenigen Fälle anzuführen, welche hinreichend genau beobachtet wurden. Von Graefe [2]) theilt deren zwei mit.

Der erste betrifft einen Ingenieur, dessen rechte Hornhaut durch die Fingernägel eines Kindes verletzt wurde. Nachdem die hierauf folgende Reizung nach einigen Tagen vollständig verschwunden war, sah der Kranke mit diesem Auge nur undeutlich, und kleine Gegenstände mehrfach. Die Pupille war von normalem Durchmesser und zeigte träge und geringe Reflex-, und gar keine Accommodationsbeweglichkeit. In der genauen Entfernung des deutlichen Sehens verschwand die Polyopie, das Accommodationsvermögen war fast ganz verloren, und das Auge zu gleicher Zeit myopisch; das blosse Auge accommodirte auf $3^1/_4$″, mit — $^1/_6$ auf 8″, mit $^1/_{10}$ auf $2^1/_3$″. Das linke Auge hatte die gewöhnliche Accommodationsbreite, und war beinahe emmetropisch; mit $^1/_{10}$ erstreckte sich das Sehen von 3″ bis $9^1/_2$″. — Der Kranke hat sich früher häufig überzeugt davon, dass beide Augen gleich waren. Es erfolgte Heilung, und zwar ungemein rasch, nach Heurteloup'schen Blutentziehungen; nach der ersten accommodirte das Auge von $3^1/_2$″ bis $5^1/_4$″, nach der zweiten von 4″ bis $8^1/_2$″, nach der dritten war die Accommodation nahezu gleich der des andern Auges, dessen Nahpunkt ungefähr in $4^3/_4$″ lag.

Vielleicht ist diese Erkrankung, wie v. Graefe sagt, als Reflexneurose zu betrachten, in gleicher Weise wie auch Verletzungen von sensitiven Nerven manchmal tonische Krämpfe in gewöhnlichen, willkührlichen Muskeln erregen.

Der zweite Fall betrifft ein 18-jähriges Mädchen, welches an schmerzhaftem Krampfe des Orbicularis (der rechten Seite), welcher auf Spannung des Augenlides, und manchmal auch von freien Stücken, heftiger wurde, litt. Druck auf den Nervus supraorbitalis hatte keine Wirkung, ein leichter Druck auf den Nervus facialis vermehrte, ein starker hingegen verminderte Schmerz und Krampf. Einer leichten Besserung nach Anwendung von Blutegeln folgte eine Verschlimmerung der Symptome und Sehstörung. Die Refraction erschien erhöht, und die Accommodation sehr eingeschränkt, nämlich in den Grenzen von $2^3/_4$″ bis $3^1/_4$″. Die rechte Pupille war etwas enger, als die linke, und zeigte geringe Reflex-, und gar keine Accommodationsbeweglichkeit. Das linke Auge war normal. Eine endermatische Anwendung des Sulfas Atropini hinter dem Ohre hatte anfangs keine Besserung zur Folge, es zeigte sich im Gegentheile ein in allen Beziehungen gleicher Zustand des linken Auges. Als am dritten Tage die Symptome von Belladonnavergiftung auftraten, nahmen Schmerz und Krampf ab, und hörten bei Zunahme der Intoxication ganz auf. Die Kranke konnte mit dem rechten Auge von $5^1/_2$″ bis $14^1/_2$″, und mit dem linken von $5^1/_2$″ bis 17″ accommodiren. Die Symptome kehrten jedoch zurück, sobald das Atropin nicht mehr angewendet wurde. Der Ausgang des Falles ist nicht mitgetheilt.

---

[1]) Ruete, Pathologie und Physiologie der Augen und Ohren. p. 262.
[2]) Arch. f. Ophth. B. II, H. 2, p. 308.

Von Graefe sieht in diesem Falle eine Combination von Krampf der Accommodationsmuskeln (Nervus oculomotorius) mit Neurose des Facialnerven, wobei es von Wichtigkeit ist, dass, obwohl wir keine Verbindung dieser erwähnten Nerven zugeben können, dennoch das Leiden in beiden pari passu zu- und abnahm.

Ein dritter Fall wurde von Liebreich*) beschrieben.

Fräulein F., 21 Jahre alt, klagt über Flimmern vor dem linken Auge; vor einem Jahre war nach andauernder, oft während der Nacht fortgesetzter Arbeit Ermüdung des Auges und Kurzsichtigkeit eingetreten. Bei der Untersuchung fand sich, dass das Sehen mit parallelen Sehlinien mit $-\frac{1}{40}$ in der Ferne scharf war, dass aber bei beginnender Convergenz eine so kräftige Accommodation eintrat, dass sie für den Convergenzpunkt noch stärkere, negative Gläser brauchte, um scharf zu sehen, und dass erst in einer Distanz von 8" endlich beide Augen ohne Gläser scharf unterscheiden konnten. Da hieraus auf das Vorhandensein eines Accommodationskrampfes geschlossen wurde, so wurde wiederholt Atropin eingeträufelt, in Folge dessen die Myopie einer Hypermetropie $= \frac{1}{24}$ wich. Es zeigte sich indessen ferner, dass die Convergenz erschwert, die mögliche Divergenz ungewöhnlich gross war, während andere Symptome auf Insufficienz der Mm. recti interni hindeuteten. Der Accommodationskrampf mochte wohl hiemit in Verbindung gestanden sein, aber es wurde dennoch bestimmt, zuerst diesen in beiden Augen durch Atropin zu beseitigen, und es wurde dieses Mittel durch vierzehn Tage fortgesetzt. Als die Accommodation in Folge dessen zur Norm zurückgekehrt war, schien die Kranke genesen; der Krampf war vollkommen gewichen, und selbst mit Gläsern von $\frac{1}{26}$, die angeordnet wurden, konnte sie ferne und nahe Objecte scharf sehen und ohne Ermüdung andauernd arbeiten.

Es war offenbar, dass in diesem Falle die Insufficienz der Mm. recti interni nicht die unmittelbare Ursache der Asthenopie war. Konnte jedoch nicht der Accommodationskrampf mit der lange fortgesetzten, excessiven Spannung durch die Anstrengung hervorgebracht worden sein, welche nöthig war, um die Insufficienz zu überwinden? Sehr merkwürdig ist es, wie genau der in diesem Falle beobachtete Krampf mit dem durch Calabar erregten übereinstimmt; durch diesen ist die Refraction ebenfalls erhöht, und die Convergenz ist mit einer verhältnissmässig zu starken Accommodationsspannung verbunden. Der Durchmesser der Pupille ist nicht angegeben.

Die hier aufgeführten Fälle mögen genügen, um die verschiedenen Formen des Accommodationskrampfes zu erläutern.

Wir haben noch in Kürze von dem mit der Accommodationsspannung verbundenen Schmerze zu sprechen, welcher wahrscheinlich ebenfalls mit Krampf einhergeht. Seite 241 habe ich bereits einen Fall dieser Art mitgetheilt. Es sei mir gestattet hier in Kürze zwei andre zu erwähnen.

Fr. O., 29 Jahre alt, stellte sich mir im October 1859 vor, klagte über heftige Schmerzen im Auge bei jedem Versuche nahe Gegenstände zu sehen, und gab an, dass diese Schmerzen in grösserem oder geringerem Grade bereits durch mehr als zehn Jahre bestünden. Sie hat ein flaches Gesicht und eine enge vordere Augenkammer. Die Pupillen waren eng, aber beweglich. Der Nahpunkt lag in 11", der Fernpunkt in ∞; bei künstlicher Mydriasis zeigte sich $H = \frac{1}{16}$. Die Sehschärfe war normal. Ich gab ihr Gläser von $\frac{1}{16}$, indem ich glaubte, dass sie nach

*) Arch. f. Ophthalm. B. VIII, H. 2, p. 259.

Wiedereintritt der Accommodation mit denselben für die Ferne gut auskommen würde. — Nach einiger Zeit kam sie wieder zu mir. Ihr Zustand war derselbe geblieben, und die Gläser hatten keinen Nutzen gebracht. Es wurden andere Gläser versucht, aber ebenfalls ohne Erfolg. Ebenso vergeblich wurde eine ableitende Behandlung in Anwendung gezogen. Ich entschloss mich nun durch einige Zeit Atropin einzuträufeln, um dadurch jeder Accommodationsspannung entgegen zu wirken, und gestattete schwachblaue Gläser von $^1/_{16}$ für gewöhnlich, und $^1/_7$ für die Nähe zu gebrauchen. Zu wiederholten Malen, nach einem Monate, nach zwei Monaten u. s. w., wurde versucht das Mydriaticum auszusetzen. Das Ergebniss dieser Versuche war aber ein ungünstiges. Nach Verlauf von sechs Monaten jedoch bemerkte die Kranke mit Freuden, dass sie nach Aussetzen des Atropins und Rückkehr der Accommodation ohne Gläser lesen konnte, und dabei von jedem Schmerze frei blieb. Sie gebrauchte nun trotzdem auch weiterhin Gläser von $^1/_{16}$ bei feinern Arbeiten. — Als nach anderthalb Jahren ein Rückfall eintrat, genügte der Gebrauch von Atropin durch drei Monate des schmerzhaften Krampfes Herr zu werden.

In diesem Falle trat der Schmerz viel mehr in den Vordergrund, als die krampfhafte Contraction. Diese letztere musste jedoch angenommen werden, weil die gesammte Hypermetropie, bei einer verhältnissmässig geringen Accommodationsbreite, latent blieb. Zur Zeit des Rückfalles befand sich die Kranke in Dresden und fragte brieflich um Rath. Es wäre mir sehr erwünscht gewesen, sie von Neuem untersuchen zu können, insbesondere um mich in Betreff der relativen Accommodationsbreite noch genauer vom Sachverhalte zu überzeugen.

Ein zweiter Fall dieser Art betraf einen meiner Freunde, der einen wichtigen Posten in Ostindien inne hatte, welcher ihn zu anstrengenden Arbeiten und zu häufigen Beobachtungen mit optischen Instrumenten nöthigte. Während seiner Beobachtungen fühlte er zuerst einen Schmerz, welcher ihn veranlasste fernerhin vorsichtig zu sein. Sein Zustand wurde für Hyperaemie der Netzhaut gehalten. Beim Lesen und beim Berechnen seiner Beobachtungen nahmen die Schmerzen zu. Die Untersuchung nach Anwendung von Atropin zeigte nun, dass eine Hypermetropie $= {}^1/_{24}$ bestand. Es wurden anfangs schwache, später stärkere Convexgläser gegeben, aber ohne Erfolg. Derivantien, Blutegel und Heurteloup'sche Blutentziehungen wurden mit demselben negativen Erfolg versucht. Durch einige Minuten fortgesetztes Lesen erzeugte solchen Schmerz, dass davon abgestanden werden musste. Dieser Zustand dauerte bereits anderthalb Jahre, und man besprach schon seine Rückkehr in die Heimath. Vorher wollte jedoch seine Umgebung mich noch brieflich consultiren, zu welchem Behufe er und sein Arzt, ein ehemaliger Schüler von mir, mir einen sehr detaillirten Bericht vom 15. Februar 1861 datirt, sendeten. Mein Rath war: — für einige Zeit Sulfas Atropini (1 : 120) wenigstens zweimal wöchentlich anzuwenden, und während der dadurch erzeugten Accommodationsparalyse das Sehen durch verschiedene Convexgläser für die entsprechenden Distanzen zu ermöglichen. Einige Monate später erhielt ich die Nachricht, dass „die Atropinbehandlung auf der Stelle die besten Resultate erzielt habe. Die Hoffnung lebt in mir wieder auf", so schreibt der Kranke, „dass wir die Krankheit besiegen werden. Morgens kann ich bereits ziemlich andauernd arbeiten. Abends belästiget mich Schreiben oder Lesen schon weniger, ich wage mich jedoch noch nicht daran, um nicht den Fortgang meiner Genesung zu verzögern. Ihre Vermuthung, dass meine Hypermetropie mehr als $^1/_{24}$ betrage, hat sich nicht bestätigt, wir erhielten jeder Zeit dasselbe Resultat. Ich gebrauche jetzt $^1/_{24}$ für die Ferne, $^1/_{16}$, wenn ich bei Tische sitze, und $^1/_{11}$, wenn ich arbeite. Diese Nummern sind jedoch nur nominell — (NB. Sie sind die Nummern von Paetz und Flohr, vergl. p. 120), und sind zu gross:

$^1/_{24}$ ist richtiger $^1/_{22}$,
$^1/_{16}$ „ „ $^1/_{14}$,
$^1/_{11}$ „ „ $^1/_{9\cdot5}$.

Diese letztere ist noch zu schwach, wenn ich aber Atropin eingeträufelt habe, so habe ich $^1/_{9\cdot5}$ und $^1/_{22}$ aequivalent für $^1/_7$". So schrieb mir mein Freund am 31. August 1861 (und wie man sieht, weiss er Bescheid). Die hoffnungsvolle Erwartung, welche er äusserte, wurde durch den Erfolg vollständig gerechtfertigt. Als nach einer ersten Enttäuschung der Gebrauch des Atropins einige Monate später ein zweites Mal suspendirt wurde, kehrte der Schmerz bei Accommodationsspannung nicht wieder zurück, und so viel mir bekannt, sind keine Störungen weiter bei Beobachtungen, beim Schreiben, Lesen oder Rechnen aufgetreten. In diesem Jahre (1866) erhielt ich von ihm direct noch wieder die günstigsten Nachrichten.

Dieser Fall bedarf kaum eines Commentars. Er zeigt, dass bei leichten Graden von Hypermetropie durch fortgesetzte Spannung sich ein Zustand entwickeln kann, bei welchem die geringste Accommodation für die Nähe sehr schmerzhaft wird. Brillen nützen dann nichts, weil mit der Convergenz unwillkürliche Accommodation verbunden ist, und diese wieder Schmerz erregt. Die oben angeführte Beobachtung von Liebreich lässt es mir möglich scheinen, dass in diesen Fällen, ähnlich wie in dem von Liebreich, eine im Verhältnisse zur Convergenz zu starke Accommodationsspannung auftrete. Es würde dann wirklicher Accommodationskrampf bestehen.

Anmerkung.

Von Zeit zu Zeit kommen Fälle von ausserordentlich verengter Pupille, Myosis, vor, ohne dass eine Modification der Accommodation nachweisbar wäre. Sie besteht gewöhnlich auf beiden Augen, und es ist, wie Mackenzie sagt, die enge, schwarze, runde Pupille zu gleicher Zeit „träge in ihren Bewegungen und erweitert sich kaum im Dunkeln und auf Belladonna". In den höchsten Graden leidet nicht nur die Sehschärfe wegen Mangel an Licht, sondern es ist auch das Sehfeld wegen der Dicke des Irisrandes eingeschränkt, — in jedem Falle ist es in der Peripherie sehr dunkel.

Plenck (De morbis oculorum, 1777, p. 120) unterschied zwei Formen: Myosis spastica und Myosis paralytica. Theoretisch können in der That beide, Krampf des Sphincters und Lähmung des Dilatators, zur Myose Veranlassung geben. Nur ist zu erwarten, dass die Accommodation bei Krampf des Sphincters häufig mitergriffen sein wird, was bei Lähmung des Dilatators weniger wahrscheinlich ist. Ein Fall von wahrscheinlich paralytischer Natur wird von Dr. Felix von Willebrand (Arch. f. Ophthalm. B. I. 1, p. 319) berichtet, wo die Ursache der Myose in einem Druck auf den Sympathicus und in Lähmung des Nerven durch Massen geschwollener Lymphdrüsen am Halse gesucht wird, und wo nach Abnahme der Schwellung unter dem Gebrauche einer Quecksilbersalbe mit Jodkalium und warmer alkalinischer Bäder die Myose und die hiedurch bedingte Sehstörung wieder schwanden. Auch scheint ein Fall von Myose hierher zu gehören, welchen Dr. Gairdner in der Medical-Chirurgical Society of Edinburgh (siehe „Monthly Journal of Medicine. Vol. XX, p. 71, 1855) mittheilte, wo ein Aneurysma der Arteria subclavia den Sympathicus am Halse gedrückt und hiedurch gelähmt haben dürfte. Das Fehlen eines Antagonisten mag in solchen Fällen zu secundärer Verkürzung des Sphincters führen. — Die enge Pupille, welche man bei entzündlichen Zuständen der Hornhaut in Verbindung mit Lichtscheu findet, muss sicherlich eher als Krampf des Schliessmuskels aufgefasst werden. Dasselbe gilt wahrscheinlich auch von jener Myose, welche bei heftiger Neuralgie des Nervus ophthalmicus (Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie, 1853, B. 1, p. 328), insbesondere bei jener, welche mit einem heftigen Anfall von Prosopalgie der ergriffenen

Seite auftritt, beobachtet wird. Mein College, Prof. Loucq, hat mir zwei Fälle dieser Art mitgetheilt. Es wäre wichtig, in solchen Fällen mit Sicherheit festzustellen, inwieweit die Accommodation dabei betheiligt ist.

Noch dunkler sind jene Fälle, welche mit andauerndem Kopfschmerze, insbesondere bei schwachen, kachektischen Individuen, mit Tabes dorsualis (vergl. Romberg, Nervenkrankheiten, B. 1, Abth. 3, p. 684) und mit verschiedenen Cerebralaffectionen einhergehen. Es kam mir mehr als ein Fall vor, wo ich in Bezug auf Ursache nicht das Geringste finden konnte. — Ich glaube bemerkt zu haben, dass anhaltende, feinere Arbeiten im vorgerückteren Lebensalter zu permanenter Contraction der Pupille Veranlassung geben; und leichte Grade von Myose mögen wohl in diesem Umstande ihre Erklärung finden.

AUTORENREGISTER.

J. J. Adams, Amaurosis muscularis, 226.

Airy, abnormer, regelmässiger Astigmatismus, 453; Methode zur Bestimmung des Astigmatismus, 407, 431, 434, 437.

Alhazen, das Auge ist nicht die Quelle des Lichtes, 374.

Allister, cylindrische Gläser, 455.

Ammon v., Protuberantia scleralis, 324; Staphyloma posticum, 377.

Andreae, Bewegung fliegender Mücken, 171.

Arlt, die Pflege der Augen, 143; Strabismus incongruus, 210; Languor oculi, 226; periodisches Schielen, 252; Form der Sehnervenscheibe bei hochgradiger Myopie, 301; Länge des myopischen Auges, 311; Netzhautablösung, 335; Strabismus als Folge ungleichen Refractionszustandes beider Augen, 349; Function der abgelösten Netzhaut, 372; Verlängerung der Sehachse als constante Ursache der Myopie, 377.

Aubert und Förster, Abnahme der Sehschärfe in den vom gelben Flecke entfernteren Theilen der Netzhaut, 163.

Babuchin, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges, 6.

Baudens, Leçons sur le strabisme et le begaiement, 273.

Becker, Lage und Function der Ciliarfortsätze, 25; Anwendung des Calabars, 524.

Beer, Asthenopie, 226; Hornhautflecken bei Strabismus convergens, 246; hereditäre Myopie, 293.

Beke Callenfels, Sympathicus, 489.

Benedickt, Anwendung des constanten Stromes, 524.

Bergmann, der kleinste Gesichtswinkel, 165.

Bernard, Ciliarnerven, 485; Einfluss des Oculomotorius auf den Sphincter iridis, 487; Einfluss des Sympathicus auf die Kopfgefässe, 489; Einfluss des Ganglion submaxillare auf die Speichelsecretion, 490.

Berthold, Myopodiorthoticon, 351, 378.

Biffiund Cramer, Einwirkung der Mydriatica auf den Sympathicus, 498.

Blache, Paralyse nach Diphtheritis, 506.

Blaemert Schuerman, die Excursionen des Auges bei Ametropie, 343.

Boehm, die Therapie des Auges mittelst farbigen Lichtes, 144; Schielen, 217, 255, 273; blaue Brillen, 230; hereditäre Myopie, 293; Strabismus als Folge ungleichen Refractionszustandes beider Augen, 349.

Boerhave, Ursachen der Myopie, 376.

Bonnet, Lassitudo oculi, 226, 227; Myotomie bei Asthenopie, 229.

Bowman, Unempfindlichkeit der Opticusfasern für das Licht, 4; Ciliarmuskel, 22; ein Fall von absoluter Hypermetropie, 216, 242; spontane Luxation der Linse, 258; Aufhören der Markscheide in den Nervenfasern des Opticus, 315; objective Diagnose des Astigmatismus, 413; doppelte Iridodesis bei Keratokonus, 431, 464; unregelmässiger Linsenastigmatismus, 466; Beleuchtung der Objecte bei künstlicher Myosis, 517; Calabarbohne, 525.

Braun, Retinastäbchen, 6.

Bretonneau, Paralyse nach Diphtheritis, 506, 513.
Brewster, Brechungsverhältniss der Cornea und des Humor aqueus, 34; Tiefenlage der entoptischen Objecte, 170, 171.
Brondgeest, Trübung des Glaskörpers, 321; Nerveneinfluss auf die Pupille, 491.
Brown-Sequard, Bewegung der Iris nach dem Tode, 483.
Bruecke, die Retinastäbchen, ein katoptrischer Apparat, 5; Ciliarmuskel, 22; stereoskopisches Sehen, 137; Dissectionsbrillen, 193; Astigmatismus, 385; cylindrische Gläser, 456; Physiologie und Systematik der Sprachlaute, 509.
Budge, Irisbewegungen, 482, 487.
Buffon, Abhängigkeit des kleinsten Gesichtswinkels von der Beleuchtung, 165; Ursache des Schielens, 348; binoculäres Sehen bei verschiedenem Refractionszustande beider Augen, 471.
Burow, Bewegungscentrum des Auges, 153.
Buys Ballot, Bestimmung des Linsenastigmatismus, 419.

Canstatt, Accommodationslähmung, 505.
Cardanus, Einfluss der Myopie auf den Charakter, 327.
Cary, Schiefhalten der Brillengläser, 385.
Cassas, Astigmatismus, 456.
Chamblant, plancylindrische Gläser, 454.
Chelius, Schwäche der Augen, 226.
Christison, Calabarbohne, 525.
Classen, das Schlussverfahren des Schactes, 137.
Coccius, Atrophie der Chorioidea, 305; Untersuchung hochgradiger Myopen, 308; die Retina des myopischen Auges, 317.
Cooper White, on near sight, 192; impaired vision, 227, 273.
Cramer, Wesen der Accommodation, 11, 12, 13; Ophthalmoskop, 15; Accommodation auf galvanische Reizung, 20, 23; Einwirkung der Mydriatica auf den Sympathicus, 498; Accommodationslähmung, 505.
Critchett, Iridodesis, 431.
Cunier, Myopie, 294.
Cutting, Mydriatica, 499.
Czermak, Accommodationsphosphen, 23; Accommodationslinie, 395.

Daniell, Calabar, 525.
Dariés, Anwendung der Belladonna in der Augenheilkunde, 499,
Dechales, Muscae volitantes, 171; Myopie, 327; Sehen der Myopen, 376.
Demours, Mikropie bei Accommodationslähmung, 502.
Doncan, Muscae volitantes, 168, 172.
Doyer, Brennweite der Brillengläser, 120; Bewegungscentrum des Auges, 153; Winkel α, 155, 157; Lage des Drehpunktes im myopischen Auge, 339, 377.
Dupuy, Einfluss des Sympathicus auf die Pupille, 488.
Duval, Mikropie bei Accommodationslähmung, 502.

Faure, Muskellähmung nach Diphtheritis, 506.
Fechner, Binoculäres Sehen, 137; psychophysisches Grundgesetz. 144.
Fick, Augenbewegungen, 153; Astigmatismus, 385.
Fischer, Schutzbrillen, 108.
Fischer E. G., Astigmatismus, 453.
Fles, schmerzhafter Accommodationskrampf, 526.
Fontana, Irisbewegungen, 482.
Franklin'sche Brillen, 117.
Fraser, Calabarbohne, 525.
Fronmüller, London smoke Gläser, 230; Myopia in distans, 273, 294; Physostigmin, 525.
Furnari, Myopie bei den Kabylen, 287.

Gairdner, Myosis paralytica, 530.
Gendron, ellipsoidische Form des myopischen Auges, 376.

Gerson, abnormer regelmässiger Astigmatismus, 453.
Gillavry Mac, relative Accommodationsbreite, 94, 99; Hypermetropie, 276; Accommodationsbreite bei Myopen, 377.
Giraud Tenlon, Regulirung der Distanz der Brillengläser, 142; Probebuchstaben, 165; Refractionsanomalien, 177; unregelmässiger Linsenastigmatismus, 466.
Goode, Astigmatismus, 454.
Goutier, Astigmatismus, 456.
Graefe Alfred, Motilitätsstörungen des Auges, 210; Strabismus convergens, 257; correspondirende Netzhautpunkte, 470.
Graefe von, Bestand der Accommodation nach vollständiger Entfernung der Iris, 23; prismatische Gläser, 149, 153; Tenotomie der Mm. rect. interni, 192, 237; scheinbare Netzhautincongruenz, 210; Nahesehen bei Hypermetropie, 217; musculäre Asthenopie, 222, 229, 341, 342, 349, 377; Sehschärfe des abgelenkten Auges, 254; Ursache des Strabismus convergens, 255; angeborne Aphakie, 258; Iridectomie bei Discission, 263; Accommodation bei Aphakie, 266; Optometer, 267, 282; Myopia in distans, 276, 294, 526; Sclerotico-chorioiditis posterior, 306, 322; Amblyopie bei Myopen, 330; Gesichtsfeld-beschränkung, 334, 335; Netzhautablösung bei Myopie, 335; Strabismus convergens, abhängig von Myopie, 347; Einfluss der Sehschärfe auf die Correction bei Myopie, 357; Punction bei Netzhautablösung, 364; Ursachen der Myopie, 376; Staphyloma posticum, 377; Iridectomie bei Keratokonus, 464; Form der Cornea nach Iridectomie, 465; einseitige Staaroperation, 473; Wirkungsweise der Mydriatica, 497; Einfluss der Belladonna auf die Spannung des Bulbus, 499; periodische Mydriasis, 505; Wirkung der Calabarbohne, 516, 525; Anwendung des Calabars als Vorbereitung zur Iridectomie, 524; subcutane Morphiuminjectionen, 525; acuter Accommodationskrampf, 527.
Gut, Diplopia monocularis, 467.

Haas de, Hypermetropie und ihre Folgen, 201.
Haffmanns, Strabismus convergens, 257.
Hahnemann, Daphne Mezereum, 525.
Hamer, Ophthalmometrie, 393; Veränderungen im Auge nach Atropineinträufluug, 495; Calabarbohne, 525.
Hamilton, Astigmatismus, 454.
Happe, Refractionsanomalien, 277.
Harless, Irisbewegungen, 482.
Harley, Calabarbohne, 525.
Harting, das Mikroskop, 143; Abhängigkeit des kleinsten Gesichtswinkels von der Beleuchtung, 165.
Hasner von Artha, Optometer, 97; Refractionsanomalien, 277; Einfluss der socialen Stellung auf die Myopie, 287; hereditäre Myopie, 293; Staphyloma posticum im Kindesalter, 303, 322; Grösse des blinden Fleckes bei Staphyloma posticum, 335; Heilung der Myopie, 351.
Hasselt, Myose als Wirkung der Calabarbohne, 525.
Hawkins, Visuometer, 48.
Hays, Astigmatismus, 455.
Heise, Nicotiana Tabacum, als Myoticum, 525.
Helmholtz, Formveränderung der Linse bei der Accommodation, 11, 13; Ophthalmometer, 16; Accommodationstheorie, 23; schematisches Auge, 83, 153, 208; Bestimmung der Brennweite von Convexgläsern, 120; der kleinste Gesichtswinkel, 149, 151, 165; Winkel α, 155; entoptisches Phänomen beim Betrachten gerader Linien, 166; Hyperopie, 276; Diagnose der Myopie mittelst des Augenspiegels, 283; Luxation der Linse, 310; chromatische Aberration, 380; Astigmatismus, 385; Linsenstern, 459.
Henle, Bau der Retina, 2; radiäre Muskelfasern in der Iris, 19.
Hering, stereoskopisches Sehen, 137; Augenbewegungen, 153.
Hess, Presmyopie, 274.
Hesse, Physostigmin, 525.
Himly, mydriatische Wirkung des Hyoscyamus, 499; Accommodationsparese, 505; Semen santonicum als Myoticum, 525.

La Hire, Polyopia monocularis, 462.
Home, Accommodationslähmung, 505.
Hoek, Bestimmung des Linsenastigmatismus, 419.
Hooke, der kleinste Gesichtswinkel, 165.
Hueck, Richtung des verticalen Meridians, 396.
Hulke, Calabarbohne, 525.
Hunter James, Mydriasis, 505.
Hyrtl, die kurze Wurzel des Ganglion ciliare, 485.

Jacobson, Iridectomie bei der Lappenextraction, 263.
Jaeger Eduard von, grosser Augenspiegel, 89; Schriftscalen, 165; Brillengestell, 192; Refractionszustand bei Neugebornen, 206, 277, 293, 303; Ursachen der Refractionsanomalien, 211; Accommodationsvermögen bei Aphakie, 266, 267; Plesiopie, 296, 311, 377, 526; Spiegelbild des myopischen Augengrundes, 298, 301, 306; Untersuchung im aufrechten Bilde, 307; Länge des myopischen Auges, 312; Sehnervenende, 317; arterieller Gefässkranz um den Sehnerven, 320; Staphyloma posticum, Conus, 322, 324, 377; Disposition dazu, 324; Chorioiditis disseminata, 322; Gesichtsfeldbeschränkung durch Conus, 335.
Janin, Hypermetropie, 198, 271.
Jansen, Muscae volitantes, 168.
Javal, Methode zur Bestimmung des Astigmatismus, 411, 455.
Jobst, Calabarin, 525.
Juengken, Hebetudo visus, 226; hereditäre Myopie, 293.
Junge, Lage des Bewegungscentrums, 156; Accommodationskrampf bei hochgradiger Myopie, 330.
Jurin, Einfluss der Beleuchtung auf den Deutlichkeitsgrad der Gegenstände, 165; Pupillengrösse bei Myopen, 326.

Kaiser, Theorie des Astigmatismus, 395.
Kepler, Wesen der Accommodation, 10; Wirkungsweise der Brillen, 374.
Kerst, Myopie in distans, 274, 294.
Kirchhoff, analytische Bestimmung der Form eines astigmatischen Strahlenbündels, 388.
Knapp, Berechnung der Cardinalpunkte des Auges aus den Messungsresultaten, 61; Einfluss der Schachsenlänge auf die Accommodationsbreite, 83; Regulirung der Distanz der Brillengläser, 142; Winkel α, 155; Linsenmessungen, 207; Sehstörung bei Astigmatismus, 385; mathematische Bestimmung des von einer asymmetrischen Fläche gebrochenen Strahlenbündels, 388; Bestimmung des Astigmatismus durch den Augenspiegel, 413; Grad des Astigmatismus, 416, 432; Linsenastigmatismus, 447; unregelmässiger *As*, 467.
Koelliker, Bau der Retina, 2.
Krause C., Ganglienzellen im Ciliarnervensysteme, 486.
Krause W., Morphologie der Retinastäbchen, 6; Orbiculus ciliaris, 486.
Krecke, Anwendung und Gebrauch prismatischer Gläser, 113, 144.
Kuyper, Irisbewegungen, 19, 483, 489, 493, 525.

Langenbeck Max, Musculus compressor lentis, Accommodationstheorie, 11, 22.
Laurence, Refractionsanomalien, 277.
Lawrence, Affection of the retina from excessive employment, 226.
Leber, Blutgefässe des menschlichen Auges, 25; Anastomosen zwischen den Gefässen des Sehnerven und der Chorioidea, 320.
Leverrier, Astigmatismus, 455.
Liebreich, Scleroticalgrenze des Sehnerven, 297; Spiegelbild des myopischen Augengrundes, 298, 301; Untersuchung hochgradig myopischer Augen, 308; Coloboma chorioideae, 324; Netzhautablösung, 336; Accommodationskrampf, 528.
Listing, Dioptrik des Auges, 34; Brechungsindex des Humor aqueus, 34; reducirtes Auge, 149, 151; entoptische Beobachtungen, 166, 170, 171, 172, 462, 483, 484; Hypermetropie (Weitsichtigkeit), 274; homocentrisches Licht, 379; entoptisches Linsenspectrum, 462; entopt. Untersuchung, Schnelligkeit der Irisbewegung, 483, 484.

Loder, Belladonna bei Kataraktoperationen, 499.
Loncq, Myosis bei Neuralgie, 531.
Ludwig, Lage des Bewegungscentrums, 156.

Mackenzie, Thränen-, Schleim- und Glaskörperspectrum, 171; Asthenopie, 227, 231; Presbyopie, 271, 274; Ursachen der Myopie, 376; Diplopia monocularis bei beginnender Katarakt, 466; Myosis, 530.
Mariotte, der blinde Fleck, 3, 333.
Maurolycus, Photismi de lumine et umbra, 374,
Mayer, Einfluss der Beleuchtung auf die Deutlichkeit der Netzhautbilder, 165.
Mayo, reflectorische Bewegungen der Iris, 482.
Meissner, Bewegungen des Auges, 153.
Mellin, Mydriatica. 499.
Meyer, Purkinje'sche Bilder, 11.
Middelburg, Sitz des Astigmatismus, 389.
Middlemore, Dimness of vision, 226.
Mile, Bewegungscentrum des Auges, 153.
Montucla, Urtheil über Kepler, 375.
Mooren, Convexgläser bei Strabismus, 254, 257; Iridectomie bei Lappenextraction, 263.
Morgagni, Muscae volitantes, 171.
Müller H, Bau der Retina, 2; Schatten der Retinagefässe, 5; Ciliarmuskel, Circulärfasern, 22, 23; Accommodationstheorie, 24; structurlose Kugeln in der Chorioidea, 163; Dicke der Netzhautzapfen, 166; die Netzhaut des myopischen Auges, 317; Ganglien im Ciliarsystem, 486.
Müller Joh., Zusammenhang zwischen Accommodation und Convergenz, 93; Strabismus incongruus, 210; Hornhautflecken bei Strabismus convergens, 246; Ursache des Schielens, 348; Durchschneidung der Medulla oblongata, 490.
Muncke, Hypermetropie, 272.

Nagel, Sehen mit zwei Augen, 137; Coloboma chorioideae, 324.
Nuhn, Zonula Zinnii, 22; Einfluss des Oculomotorius auf den Sphincter iridis, 487.

Pagenstecher, Hornhautflecken bei Strab. convergens, 246, 257; Iridectomie bei Lappenextraction, 263.
Panum, Sehen mit zwei Augen, 136.
Petit, Einfluss des Sympathicus auf die Pupille, 488.
Pétrequin, Kopiopie, 227.
Pleuck, Amblyopia a topica retinae atonia, 226; Myosis, 530.
Porta Baptista, das Auge eine Camera obscura, 374.
Porterfield, Zusammenhang der Accommodation und Convergenz, 93; Pupillengrösse bei Myopen, 326.
Prevôts, Muscae volitantes, 171.
Purkinje, P.'s Versuch, 5; Spiegelbilder der Linse, 262; Abflachung der Cornea bei Myopie, 350.

Ray, Mydriatica, 499.
Recklinghausen, Netzhautfunctionen, 136.
Reeken, van, Ciliarmuskel, 22.
Rees, van, Einfluss der Excentricität der Hornhaut auf die Bestimmung des Bewegungscentrums, 157.
Reid, Einfluss des Sympathicus auf die Pupille, 488.
Reimarus, Mydriatica, 499.
Ritter, Bau der Retina, 2, 3.
Ritterich, Hypermetropie, 273; Staphyloma posticum, 377.
Robertson, Calabar gegen Mydriasis, 524; Calabarbohne. 425.
Romberg, Myosis, 531.
Rosenthal, Calabarbohne, 425.
Ruete, Literatur über Brillen, 143; blaue Brillen bei Asthenopie, 230; Hornhautflecken bei Strab. convergens, 246; Uebersichtigkeit, 275; Ursachen des

Schielens, 349; Abflachung der Cornea bei Myopie, 350; Einwirkung des Atropins auf die gelähmte Pupille, 498; Diplopia monocularis bei beginnender Katarakt, 466; Rotation des Bulbus bei Oculomotoriuslähmung, 502; acutes Auftreten der Myopie, 527.
Ruete Benno, Calabarbohne, 525.
Ruiter, de, Wirkung der Belladonna, 19, 482, 484, 486, 497.
Rydel, Punction der abgelösten Netzhaut, 372.

Saemisch, Hornhautflecken bei Strab. convergens, 246, 257; Ganglienzellen im Ciliarmuskel, 486.
Sanson, Spiegelbilder der Linse, 11.
Scarpa, Debolezza di vista per stanchezza di nervi, 226; Staphyloma Scarpae, 311, 377.
Scheiner's Versuch, 30; Sehen der Myopen, 376.
Schelske, Einfluss des intraocularen Drucks auf die Krümmung der Cornea und Linsenflächen, 205; Calabarbohne, 525;
Schneller, Einfluss der Belladonna auf die Spannung des Bulbus, 499
Schnyder, Astigmatismus, 455.
Schultze M, Bau der Retina, 2, 3; Dicke der Zapfen, 166.
Schweigger, Ganglien in der Chorioidea und Ciliarsystem, 22, 486; Diagnose des Astigmatismus mittelst des Augenspiegels, 413.
Senff, Brechungsindex der Linse, 34; Grösse der Abweichung der Gesichtslinie von der Hornhautachse, 155.
Sichel, Amaurose et Amblyopie presbytique, 226, 227, 272, 505; leichte Grade von Myopie, 294; Punction der abgelösten Netzhaut, 364.
Smee, Visuometer, 98; Brillen und Lupen, 143; Probebuchstaben, 164; pantoskopische Brillen, 191; Hypermetropie, 274; Amplifier, 357.
Smith, Accommodationsbreite bei Myopie, 329; Accommodation des myopischen Auges, 376.
Snellen, Schriftproben, 29, 84, 160, 164, 165; Amblyopie, 334; Trigeminusentzündung, 491.
Soelberg Wells, Refractionsanomalien, 277; Calabarbohne, 525.
Sotteau, Muscae volitantes, 171.
Steinheil's Conus, 257.
Stellwag von Carion, die Accommodationsfehler des Auges, 84, 91; Probebuchstaben, 164; Asthenopie, 229; Hyperpresbyopie 272, 275; Staphyloma posticum, 322; Disposition dazu, 324; Plesiopie, 377; Diplopia monocularis, 377.
Stevenson, Dullness of sight, 226.
Stoeber, periodisches Schielen, 252.
Stokes, Methode zur Bestimmung des Astigmatismus, 409; St.'sche Linse, 395, 409, 424, 454.
Sturm, Bremstrecke, 382, 386, 395.
Swieten, Belladonna, 499.
Szokalski, Einfluss der socialen Stellung auf Myopie, 287; Brillen, 143.

Tachau, Physostigmin, 525.
Taylor, Debilitas visus, 226.
Theile, das Mikroskop, 143.
Thompson, Astigmatismus, 455.
Trélat, Astigmatismus, 455.
Trousseau, Lähmung nach Diphtheritis, 506.
Tyrrel, impaired vision, 226.

Valentin, Bewegungscentrum des Auges, 153.
Vée, Eserin, 525.
Verschoor, Optometer, 282.
Volkmann, Abhängigkeit der Accommodation von der Convergenz, 93; die stereoskopischen Erscheinungen, 136; Bewegungscentrum des Auges, 153; kleinster Gesichtswinkel 165, 166.
Vroesom de Haan, Einfluss des Alters auf die Sehschärfe, 160.

Waldau'sche Löffel, 371.
Waller, Einfluss des Sympathicus auf die Pupille, 488.
Walther, Visus evanidus, 226; Amaurosis ciliaris, 505.
Ware, Hypermetropie, 198, 272; Einfluss der socialen Stellung auf Myopie, 287.
Weber Adolf, Punction bei Netzhautablösung, 364; Digitalin, 525.
Weber E. H., kleinster Gesichtswinkel, 165; Association der Pupillenverengerung, 484; Einfluss des Oculomotorius auf den Sphincter iridis, 487.
Wedl, senile Veränderungen der Chorioidea, 163.
Wells, Hypermetropie, 271; Wirkungsweise der Mydriatica, 499; Accommodationslähmung, 505.
Wenzel, Affaiblissement de la vue, 226.
Wharton Jones, Sitz des Astigmatismus, 456.
Whewell, Astigmatismus, 381.
Wijngarden, stenopäische Brille, 144.
Wilde, Sitz des Astigmatismus, 456.
Willebrand, Myosis paralytica, 530.
Willis, Nervus ophthalmicus, 490, 491.
Wundt, stereoskopisches Sehen, 137.

Young, Thomas, Wesen der Accommodation, 10; Accommodation bei Aphakie, 266; indirectes Sehen, 270; Astigmatismus, 383, 430, 453; Methode zur Bestimmung des Astigmatismus, 407; Polyopia monocularis, 462.

SACHREGISTER.

Aberration, sphärische, chromatische, monochromatische, 380.

Accommodation, Beweise für das Vorhandensein, 9, 10, 485; Veränderungen im Auge, 15; Mechanismus, 18, 23, 24; für die Ferne, 18; Zusammenhang mit der Convergenz der Sehlinien, 93; bei Benützung monocularer optischer Instrumente, 195; bei Aphakie, 266, 267; Einfluss auf den *As*, 431; Einfluss der Nerven auf die, 482; schmerzhafte, 525. —anspannung, Ermüdung bei, 222; Folgen excessiver, 225. —bereich, Aenderung des . . . durch Brillen, 127. —breite, 25, 62; Bestimmung der, 63; bildliche Darstellung der, 79; Einfluss der Sehachsenlänge auf die, 83; relative, 94, 95, 96, 97, 100, 104, 105; relative . . . bei Atropinmydriasis, 495; relative . . . bei künstlicher Myosis, 518; absolute, binoculäre, 95; Aenderung der . . . durch Brillen, 123, durch das Mikroskop, 125, durch das Fernrohr, 126; dem Alter nicht entsprechend, 188; Einfluss auf die Entstehung des Strabismus convergens, 251; bei *H*, 201; bei *M*, 329. —curve, emmetropischer Augen, 94; myopischer und hypermetropischer Augen, 101; presbyopischer Augen, 106. —krampf, 514, 526. —lähmung, 188; einseitige, 474; pathologische, 500; Behandlung, 504; nach Diphtheritis faucium, 506, 513. —linie, 266, 395. —muskeln, Störungen, Schwäche, Lähmung, Krampf, 73. —störungen, Ursachen, 73.

Amaurosis ciliaris, 505.

Amblyopie, Correction, 191; bei *H*, 215; presbytique, 218, 272, 505; temporäre bei *M*, 330.

Ametropie, 71; Ausdruck für die, 81; klinische Bestimmung der, 83; Bestimmung mit dem Augenspiegel, 89.

Amplifier, von Smee, 357.

Anagallis, 499.

Angina diphtheritica, mit Accommodationsparese, 506; mit Sprachstörung, 509.

Aphakie, 258, 262; Länge des Auges bei, 259; Correction der, 262, 265; *S* bei, 262; Einfluss der Pupillenweite auf *S*, 262; Polyopie bei, 263; Grösse der Netzhautbilder, 264; Accommodation bei, 266, 267; Insufficienz bei, 269; Augenspiegeluntersuchung bei, 259; indirectes Sehen, 270.

Asthenopie, 217; Symptome der, 217; Ursachen der, 219; accommodative, 222, 232; musculäre, 222, 340; Tenotomie bei, 228; Behandlung der, 230; London smoke Gläser bei, 230; Convexgläser für die Ferne, 235.

Astigmatische Linse, von Stokes, 409.

Astigmatismus (*As*), nach Extraction, 262, 449; Definition, 379; regelmässiger und unregelmässiger, 381; Versuche, 383, 399; Ursachen, 384; bedingt durch Asymmetrie der Cornea, 388, der Linse, 394; Symptome, 396, 433; Lageänderung der Knotenpunkte, 397; Verbesserung der *S* durch Spalten, 398; Farbenzerstreuung, 398; Lage der Cardinalpunkte, 400; *S* bei, 402, 433; Grösse der Netzhautbilder, 403; Bestimmung des Grades, 403; Formen 405, 406; Methoden der Bestimmung, nach Young, 407, nach Airy, 407, mit cylindrischen Gläsern, 408, nach Stokes, 409, nach Javal, 411; objective Kennzeichen, 412; Sitz, 413; Antheil der Linse, 419; Correction, 424, 428,

430; Einfluss der Accommodation, 431; operative Behandlung, 431; angeborner, Erblichkeit, 432; Verengerung der Lidspalte bei, 438; Form des Bulbus, 439; durch Lageveränderung der Linse, 447; erworbener regelmässiger *As* der Cornea, 449, der Linse, 451; normaler unregelmässiger, 463; abnormer unregelmässiger, 463; Hornhautflecken, 465, Linse, 466, als Ursache des unregelmässigen *As*.

Asymmetrie, der Cornea, 386; der Gesichtsbildung bei Refractionsverschiedenheit der Augen, 433; beider Augen, 468.

Atropa Belladonna, 493.

Atrophie, des hintern Bulbusabschnittes bei *M*, 290, 295, 296, 299, 301, 307 der Chorioidea bei *H*, 307.

Atropin, 494; Einfluss auf den Trigeminus, 498.

Atropinparalyse, 201.

Auge, dioptrisch normales, 8, 70; Hauptpunkte, 54, 58; Knotenpunkte, Brennpunkte, 56, 58; Grösse der dioptrischen Bilder, 61; emmetropisches, schematisches, reducirtes, 147, 151; Bewegungscentrum, 153, 156, 204, 339; Bewegungsgrösse des, 155, 209; Senescenz, 159; hypermetropisches, 206; Sehachsenlänge, 208; Winkel α, 209; Ursachen des hypermetropischen und myopischen Baues, 211; aphakisches, 259; myopisches, Anatomie, 308; Sehachsenlänge, 312; Form des . . . bei hypermetropischem *As*, 439; cylindrical eye, 457; Symmetrie, Refractionsverschiedenheit, Asymmetrie beider Augen, 468.

Augenspiegeluntersuchung, bei Aphakie, 269; bei *M*, 283, 296, 306; bei Keratokonus, 463.

Bewegungscentrum, des emmetropischen, 153, 156, des hypermetropischen, 209, des myopischen Auges, 339.

Bewegungsgrösse, der emmetropischen, 155, ametropischer Augen, 343.

Bildgrösse, 37.

Brachymetropie, 71.

Brechung, an einer sphärischen Oberfläche, 35.

Brechungsindex, des Humor aqueus, 34, 58; des Glaskörpers, 53, 58; der Linse, 34, 53, 58; der Brillen, 121; Einfluss des . . . der Augenmedien auf *M*, 310.

Brennpunkt, Hauptb., 7; conjugirte Brennpunkte, 8.

Brennweite, 7, 8; der Brillen, 119.

Brennstrecke, von Sturm, 382, 386.

Brillen, Arten derselben, 108; Schutzbrillen, 108; stenopäische, 109; Gebrauch bei *M*, 111; prismatische, 112; sphärische, concave, convexe, periskopische, 114, 115; Franklin'sche, 117; verres à double foyer, 117, 192; Material für, 118; Brennweite, 119; Brechungsindex, 121; Einfluss auf die Accommodationsbreite, 123, 124; Veränderung der Netzhautbildgrösse durch, 128, Einfluss auf das Urtheil über Entfernung, Grösse, Form, 130, auf das stereoskopische Sehen, 136, auf die scheinbare Bewegung, auf das Sehfeld, 139; excentrische bei Muskelinsufficienz, 142; Bestimmung der Achse, 141; 143; Conservationsbrillen, 183, 195; bei Presbyopie, 186; zur Correction der Amblyopie, 191; pantoskopische, 191; Dissertionsbrille, 193; Abstand der Gläser von einander, 192; London smoke, 230; Convexbrillen nach Schieloperation, 253; Verhütung von Strabismus durch Convexbrillen, 254; bei Aphakie, 264, 269; Einfluss von Concavgläsern auf Emmetropen, 295; bei *M*, 354, 356; Berücksichtigung der Muskelinsufficienz bei ihrer Wahl, 359; cylindrische, 424—427; Wahl bei Refractionsverschiedenheit, 475.

Brillengestell, von Jaeger, 192; für Presbyopen, 191.

Brillenkasten, 118.

Calabar, Calabarbohne, 514; Einfluss auf die Pupillenweite, 326, auf den Oculomotorius, auf den Sympathicus, 520, auf den Trigeminus, 522.

Calabarin, 525.

Cardinalpunkte, 35, 54.

Cataracta, Einfluss auf die Presbyopie, 188, auf *S*, 190; Iridectomie bei Kataraktoperation, 263; bei *M*, 302, 337.

Chorioiditis disseminata, 302, 322.
Ciliarmuskel, 22; Krampf des, 282.
Ciliarnerven, 485
Ciliarsystem, 485; Ganglienkugeln im, 487.
Coloboma chorioideae et iridis, 324.
Convergenz, Beziehung zur Accommodation, 93; Einfluss auf *M*, 351.
Conus, bei *M* (Jaeger), 324, von Steinheil.
Correspondirende Netzhautpunkte, 139.
Cylindrical cornea, eye, 457.
Cylindrische Gläser, 424—431.

Datura Stramonium, 493.
Diphtheritis faucium, 506, 513.
Diplosie, wegen Schiefstellung der Linse, 452.
Doppeltsehen bei einseitiger Muskelparalyse, 140.

Ectopia lentis, 466.
Emmetropie, (*E*), 70; Wirkung von Concavgläsern auf emmetropische Augen, 295.
Entoptische Erscheinungen, 166; Thränenschleimspectrum, Glaskörperspectrum, 167; Linsenspectrum, 169; Tiefenlage der entoptischen Objecte, 173; bei den Bewegungen der Iris, 483.
Eserin, 525.
Extraction, *As* nach, 262, 499; Einfluss auf die Hornhautkrümmung, 465; bei gesundem andern Auge, 473.

Fernpunkt des deutlichen Sehens, 26, 28.
Fliegende Mücken, 167, 168.

Ganglion ciliare, 485
Ganglienkugeln im Ciliarnervensysteme, 487.
Ganglion Gasseri, 491.
Gesichtsfeld bei Strabismus divergens, 140; Bestimmung des, 334.
Gesichtsfeldbeschränkung, 333
Gesichtswinkel, kleinster, 165; die Dicke der Zapfen als Maass des kleinsten, 166.
Glaskörper, Brechungsindex, 53, 58; bei *M*, 302.
Glaskörperflocken, bei *M*, 302.
Glaukom, bei *M*, 306, 338.
Grösse des ophthalmoskopischen Bildes abhängig von der Sehachsenlänge, 308.

Haemorrhagia in die Macula lutea bei *M*, 332, 336.
Hauptebene, 43.
Hauptpunkte, 44; des Auges, 54, 58.
Hebetudo visus, 218, 226.
Homogenes Licht, 380.
Hornhaut, Oberfläche, 35; Radius, 39, 75, 77, 309; Brennweite, 39, 58; Abflachung der . . . zur Heilung der *M*, 350; Asymmetrie, 386; Radien bei *As*, 413; cylindrical cornea, 457; cornea conica, 463. —achse, Winkel zwischen der Gesichtslinie und der, Winkel α, 153, 158; Bestimmung des Winkels α, 392. —flecken, als Ursache von Strabismus, 246; Verbesserung des Sehens durch Concavgläser bei, 282; Ursache des unregelmässigen *As*, 465. —krümmung, ihr Einfluss auf die Refractionsanomalien, 75, 76.
Humor aqueus, Brechungsindex, 34, 58; Entleerung zur Heilung der *M*, 350.
Hyoscyamus niger, 493.
Hypermetropie (*H*), 71, 198; Ausdruck für, 82, 200; erworbene, 173, 200; angeborne, manifeste und latente, 200; absolute, 201; relative, 202; facultative, 203; Ursachen der *H*, 205; Sehachsenlänge bei, 208; Diagnose, 211; Symptome, 212; Bestimmung der, 213; *S* bei, 214; Nahesehen bei absoluter *H*, 216; Behandlung, 230; radicale Heilung, 237; Geschichte, 270.
Hyperopie, 276.
Hyperpresbyopie, 272.

Identische Netzhautpunkte, 139.
Insufficienz, der Interni, Tenotomie wegen, 192; bei Aphakie, 269; Folge von *M*, 338, 359; Einfluss auf die Brillenwahl, 359.
Intervalle focal, 382, 386.
Iridektomie, bei Kataraktoperationen, 263.
Iridodesis, wegen regelmässigem *As*, 431.
Iridodonesis, 23.
Iris, Abhängigkeit vom Oculomotorius, 487, vom Sympathicus, 488.
Irisbewegung, Einfluss der Nerven auf die, 482; Schnelligkeit der, 484.

Keratokonus, Ursache von *M*, 309; Diagnose mit dem Augenspiegel, 463; Therapie, 464.
Knotenpunkte, des Auges, 26, 56, 58; der Linsen, 40; Lageänderung bei *As*, 397
Kopiopie, 226.
Kyklitis, als Ursache von *M*, 310.

Lesegläser, 193; stereoskopisches Sehen durch, 194.
Licht, homogenes, monochromatisches, 380.
Lidspalte, Einfluss der . . . auf die Pupillenweite, 327.
Ligamentum ciliare, 22.
Linse, Radius ihrer Flächen, 34, 53, 58; Dicke, 53, 58; optische Constanten, 54, 58; Cardinalpunkte, 54; Spiegelbilder, 11, 17; Brechungsindex, 58; Einfluss ihrer Brennweite auf die Refractionsanomalien, 76; Betheiligung an der *M*, 295; Luxation, 309, 466; *As* der, 394, 419, 447; Diplopie wegen Schiefstellung der, 452; Ursache der Polyopia monocularis, 457; Ursache des abnormen, unregelmässigen *As*, 466.
Linsen, Dioptrik der biconvexen, 39—53.
Lorgnette, stenopäische, 109; gewöhnliche, 193.
Lupe, Vergrösserung der Netzhautbilder, 129.
Luxatio lentis, 310, 466.

Macula lutea, Bau der, 1; bei *M*, 300, 302; Hämorrhagie bei *M*, 332, 336.
Makropia, bei künstlicher Myosis, 519.
Membrana Jacobi, 3.
Mikrophthalmus, 206.
Mikropia, bei Accommodationsanstrengung, 496; bei Accommodationslähmung, 519.
Mouches volantes, Muscae volitantes, 167, 168, 331.
Muskeln, innere Augen-, 20.
Mydriasis, Lichtstärke der Netzhautbilder bei künstlicher, 496, 503; ohne Accommodationsparese, 503.
Mydriatica, 433, 437; Einfluss auf den Sympathicus, 498.
Myopia (*M*), 71, 198, 279; Ausdruck für *M*, 82, 284; Bestimmung, 280; Fehlerquellen der Bestimmung, 282; verminderte *S* bei *M*, 283; Spiegeluntersuchung, 283, 296, 307; Grad der *M*, 284; Procentzahl der Grade, 285; Statistisches, 286; Einfluss der socialen Stellung, 286; Entstehung durch Anstrengung der Augen für die Nähe, 287; *M* eine Krankheit, 289; progressive, 289; stationäre, 290; zeitlich progressive, 291; bleibend progressive, 292; hereditäre, 292; Staphyloma posticum, Atrophie im hintern Bulbusabschnitte, 290, 296, 297, 299, 301; Verlängerung der Sehachse, 288, 312; Einfluss der Linse, 295; Papilla nervi optici, 301, 316; Glaskörper, 302; Netzhautablösung, 302, 335; Linsentrübung, 302, 337; Entwicklung des Staphyloma posticum, 303, 318; Glaukom bei *M*, 306, 338; Sclerotico-chorioiditis posterior, 306, 322; Anatomie des myopischen Auges, 308; Hornhautradius bei Entzündung der Hornhaut, 309; durch Keratokonus, 309; verminderte Linsenbrennweite als Ursache der *M*, 309; Luxatio lentis, Kyklitis, 310; intermittirende, 311; Netzhaut, Macula lutea, 300, 302, 317; das Sehen bei *M*, 325; Pupillenweite, 326; Einfluss auf den Charakter, 327; *S* bei *M*, 327; Projection der Netzhautbilder nach aussen, 328; Accommodationsbreite, 329; Beschwerden, 330; temporäre Amblyopie, 330; Mouches volantes, Photopsie, 331; Haemorrhagie in die Macula lutea, 332, 336; Scotome, 333, 337; Strabismus divergens als

Folge von *M*, 338; Insufficienz der Interni, Folge von *M*, 338, 359; Lage des Drehpunktes, 339; Heilungsversuche, Abflachung der Cornea, Entleerung des Humor aqueus, Tenotomie, 350; Einfluss der Convergenz auf die Entwicklung der *M*, 352; Einfluss der Körperhaltung, 352; Brillenbestimmung, 354, 356, 359; Amplifier von Smee, 357; medicamentöse Behandlung, 361; Reizerscheinungen bei *M*, 361.
Myopia in distans, 274, 294, 526.
Myopodiorthoticon, 351.
Myosis, spastica, 514, 526; paralytica, 530.
Myotica, 514.

Nahpunkt des deutlichen Sehens, 26, 30.
Nervus oculomotorius, Einfluss auf den Sphincter iridis, 487; Einfluss des Calabars auf den, 520.
N. ophthalmicus, Neuralgie des, 530.
N. sympathicus, Einfluss auf die Pupille, 488; Einfluss der Mydriatica, 498, des Calabars auf den, 520.
N. trigeminus, Einfluss auf Iris und Accommodation, 489; Einfluss des Atropins, 498, des Calabars auf den, 522.
Netzhaut, Function, 1; Bau, 1; Zerstreuungskreise auf der, 151; Dicke der Zapfen, 166; bei *M*, 300, 302, 317.
Netzhautablösung, bei *M*, 302, 335; Sehvermögen bei, 335; Ursachen der, 336; Therapie, 364.
Netzhautbild, Grösse des, 151; Einfluss der Beleuchtung, 165; bei Aphakie, 261; Grösse des . . . bei *As*, 403.

Oberflächen, brechende, des Auges, 34.
Ophthalmometer, von Helmholtz, 16, 390.
Ophthalmoskop, von Cramer, 15.
Optometer, Stäbchen-, 30; zur Bestimmung der relativen Accommodationsbreite, 97; von v. Graefe, 267, 282.
Orbiculus ciliaris, 486.

Papilla nervi optici, bei *M*, 301.
Phakoidoskop, von Donders, 15.
Photopsie, bei *M*, 321.
Physostigma venenosum, 514.
Physostigmin, 525.
Plesiopie, 296, 311, 526.
Polyopia monocularis, bei Aphakie, 263; in gesunden Augen, 381, 457; Ursache in der Linse, 459.
Presbyopie, 72, 173, 179; Behandlung der, 181; Symptome der, 182; Correction durch Brillen, 186, 188; Einfluss der Katarakt auf, 188; Brillengestell, 191.
Presmyopie, 274.
Prismatische Gläser, 112, 114; Ablenkung durch, 112; achromatische, 113.
Protuberantia scleralis, 324.
Pupille, Einfluss ihrer Grösse auf *S* bei Aphakie, 262; Weite bei *M*, 324; Einfluss des Calabars, 326; Einfluss der Lidspalte auf ihre Weite, 327; directe und consensuelle Verengerung, 483; Association der Pupillenverengerung, 484, 485.

Reflexbilder, der Linse, 11, 17.
Refraction, verschiedene in beiden Augen, 346, 468, 469; Asymmetrie der Gesichtsbildung bei, 433; erworbene, 473; Behandlung, 474, 475.
Refractionsanomalien, Ursachen der, 74; Einfluss der Hornhautkrümmung, 75, 76, der Linsenbrennweite, 76; Einfluss auf die relative Accommodationsbreite, 100.
Richtungslinie, Kreuzungspunkt der, 27.

Schädelbildung, bei Refractionsanomalien, 212.
Scheiner's Versuch, 30.

Sclerotico-chorioiditis posterior, 306, 322.
Scotome, bei *M*, 333, 337.
Sehachse, Länge der . . . im hypermetropischen Auge, 208; im aphakischen Auge, 259; des myopischen Auges, 288; Einfluss ihrer Länge auf die Grösse des ophthalmoskopischen Bildes, 308; Länge bei *M*, 312.
Sehen, Bedingungen des deutlichen Sehens, 1; Einfluss sphärischer Gläser auf das, 121; stereoskopisches Sehen, 136, 137, 138; pseudoskopisches Sehen, 137; binoculäres, 246, 470, 477; indirectes bei Aphakie, 270; bei *M*, 324; bei verschiedenem Refractionszustande, 473; Sehen mit einem Auge, 473.
Sehlinien, Einfluss ihres Abweichens von den Achsen der Brillengläser, 141.
Sehnerv, bei *M*, 301, 316.
Sehschärfe, (*S*); Einfluss des Alters auf die, 159, 160; Alterscurve der *S*, 161; Abnahme in den peripheren Netzhautpartien, 163; verminderte, 189; Einfluss von Katarakt auf die, 190; bei *H*, 214; des abgelenkten Auges bei Strabismus, 254; bei Aphakie, 262; bei *M*, 283, 327; bei *As*, 403, 433; Einfluss der Verengerung der Lidspalte, 438; bei künstlicher Myosis, 519.
Sehvermögen, bei Netzhautablösung, 335.
Sehweite, mittlere deutliche Sehweite, 31.
Senescenz des Auges, 159.
Sphärische Gläser, 114, 115; Bestimmung ihrer Hauptpunkte, 116.
Spiegelbilder, der Linse, 11, 17.
Sprachstörung bei Angina diphtheritica, 509.
Stäbchenoptometer, 30.
Staphyloma posticum, 296, 297, 301; Entwicklung des, 303, 318; erbliche Disposition, 324.
Strabismus convergens, als Folge von *H*, 243, 244; periodischer, 245, 252; Hornhautflecken, erleichterte Convergenz als Ursache, 247; Einfluss des Winkels α, 248; Abhängigkeit von der Accommodationsbreite, 251; Gelegenheitsursachen, 252; concomittans, 252; Convexgläser nach der Operation, 253; *S* des abgelenkten Auges, 254; Verhütung durch Convexgläser, 254; relativer, 343; bei *M*, 347.
Strabismus divergens, Projection des Gesichtsfeldes bei, 140; Folge von *M*, 338; relativer, 340; absoluter, 341; Entstehung, 346; bei Refractionsverschiedenheit beider Augen, 472, 477.
Strabismus incongruus, 210.
Strabismus, scheinbarer, 155, 209.
Symmetrie beider Augen, 468.

Tenotomie, wegen Insufficienz der Interni, 192; bei Asthenopie, 238; zur Heilung von *M*, 350; bei Refractionsverschiedenheit beider Augen, 478.

Uebersichtigkeit, 275.
Unterschied zwischen den Fehlern der Refraction und Accommodation, 69.

Verres à double foyer, 117, 192; Combination mit cylindrischen Gläsern, 438.

Weitsichtigkeit, 177.
Winkel α, 153, 158; im hypermetropischen, 209, im myopischen Auge, 399; Einfluss auf Entstehung des Strabismus convergens, 248; Bestimmung 392.

XX.

U Y A C E G L 2

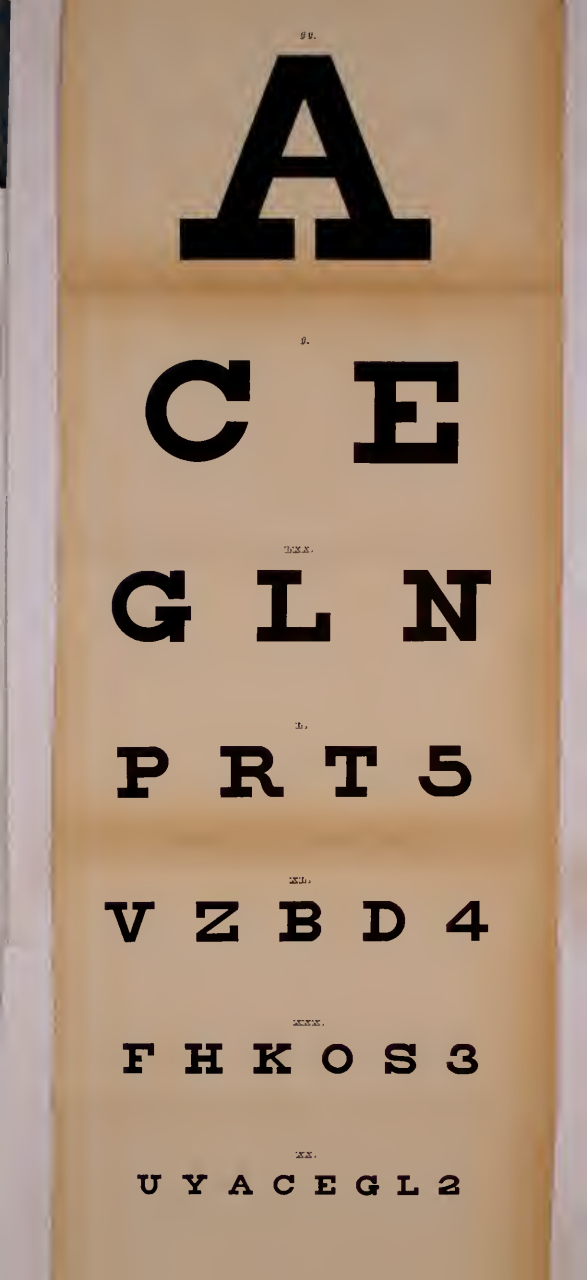
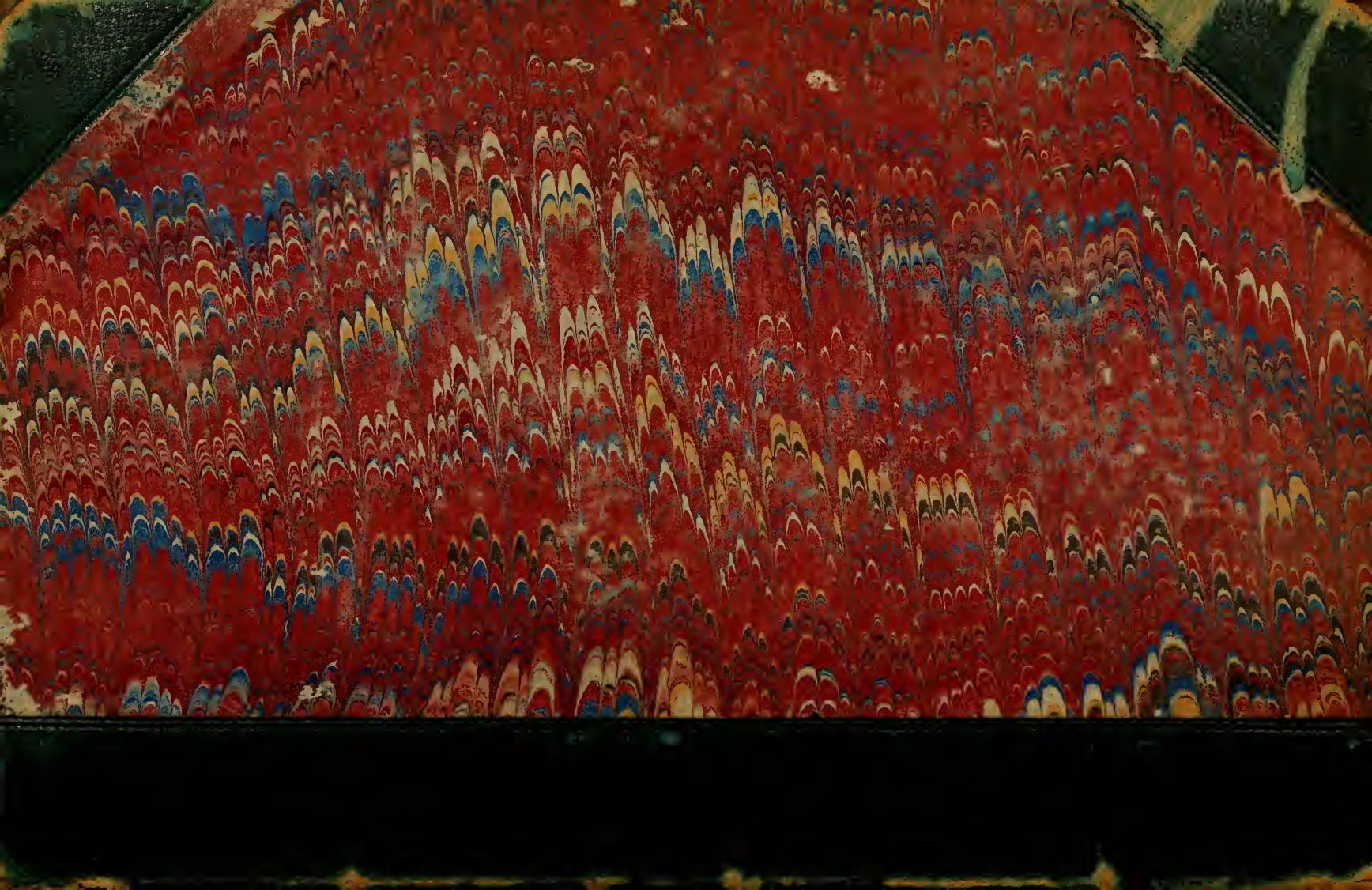
Sclerotico-chorioiditis posterior, 306, 322.
Scotome, bei *M*, 333, 337.
Sehachse, Länge der . . . im hypermetropischen Auge, 208; im aphakischen Auge, 259; des myopischen Auges, 288; Einfluss ihrer Länge auf die Grösse des ophthalmoskopischen Bildes, 308; Länge bei *M*, 312.
Sehen, Bedingungen des deutlichen Sehens, 1; Einfluss sphärischer Gläser auf das, 121; stereoskopisches Sehen, 136, 137, 138; pseudoskopisches Sehen, 137; binoculäres, 246, 470, 477; indirectes bei Aphakie, 270; bei *M*, 324; bei verschiedenem Refractionszustande, 473; Sehen mit einem Auge, 473.
Sehlinien, Einfluss ihres Abweichens von den Achsen der Brillengläser, 141.
Sehnerv, bei *M*, 301, 316.
Sehschärfe, (*S*); Einfluss des Alters auf die, 159, 160; Altercurve der *S*, 161; Abnahme in den peripheren Netzhautpartien, 163; verminderte, 189; Einfluss von Katarakt auf die, 190; bei *H*, 214; des abgelenkten Auges bei Strabismus, 254; bei Aphakie, 262; bei *M*, 283, 327; bei *As*, 403, 433; Einfluss der Verengerung der Lidspalte, 438; bei künstlicher Myosis, 519.
Sehvermögen, bei Netzhautablösung, 335.
Sehweite, mittlere deutliche Sehweite, 31.
Senescenz des Auges, 159.
Sphärische Gläser, 114, 115; Bestimmung ihrer Hauptpunkte, 116.
Spiegelbilder, der Linse, 11, 17.
Sprachstörung bei Angina diphtheritica, 509.
Stäbchenoptometer, 30.
Staphyloma posticum, 296, 297, 301; Entwicklung des, 303, 318; erbliche Disposition, 324.
Strabismus convergens, als Folge von *H*, 243, 244; periodischer, 245, 252; Hornhautflecken, erleichterte Convergenz als Ursache, 247; Einfluss des Winkels α, 248; Abhängigkeit von der Accommodationsbreite, 251; Gelegenheitsursachen, 252; concomittans, 252; Convexgläser nach der Operation, 253; *S* des abgelenkten Auges, 254; Verhütung durch Convexgläser, 254; relativer, 343; bei *M*, 347.
Strabismus divergens, Projection des Gesichtsfeldes bei, 140; Folge von *M*, 338; relativer, 340; absoluter, 344; Entstehung, 346; bei Refractionsverschiedenheit beider Augen, 472, 477.
Strabismus incongruus, 210.
Strabismus, scheinbarer, 155, 209.
Symmetrie beider Augen, 468.

Tenotomie, wegen Insufficienz der Interni, 192; bei Asthenopie, 238; zur Heilung von *M*, 350; bei Refractionsverschiedenheit beider Augen, 478.

Uebersichtigkeit, 275.
Unterschied zwischen den Fehlern der Refraction und Accommodation, 69.

Verres à double foyer, 117, 192; Combination mit cylindrischen Gläsern, 438.

Weitsichtigkeit, 177.
Winkel α, 153, 158; im hypermetropischen, 209, im myopischen Auge, 399; Einfluss auf Entstehung des Strabismus convergens, 248; Bestimmung 392.


A
C E
G L N
P R T 5
V Z B D 4
F H K O S 3
U Y A C E G L 2